Die ganze Lehre vom Sehen

mit allen dabei vorkommenden Erscheinungen, optischen Täuschungen und optischen Werkzeugen, sammt den nothwendigen Regeln und Vorschriften zu der besten Einrichtung, der gehörigen Auswahl und dem richtigen Gebrauch der verschiedenen optischen Instrumente.

Für jeden Gebildeten faßlich dargestellt

von

D. J. H. M. Poppe,

ordentlichem Professor der Technologie auf der Königlich Würtembergischen Universität zu Tübingen, Hofrath und mehrerer gelehrten Gesellschaften theils ordentlichem, theils correspondirendem, theils Ehren-Mitgliede.

Mit neun Steintafeln.

Tübingen 1823.

Bei Christian Friedrich Osiander.

109 D

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

An optischen Schriften überhaupt haben wir gewiß noch keinen Ueberfluß; ein solches Werk aber, worin alle Lehren, die auf das Licht und die davon herrührende Empfindung des Sehens Bezug haben, in gehöriger Vollständigkeit und Faßlichkeit abgehandelt wären, so, daß jeder Gebildete daraus die gehörige Belehrung schöpfen könnte, besitzen wir, so viel ich weiß, noch nicht.

Nicht leicht ist wohl ein Gegenstand der Naturwissenschaft interessanter, als ge-

rade die Lehre, worin der edelste unserer Sinne, das Gesicht, mit allen dazu gehörigen Erscheinungen, Erfindungen u. dgl. genau und deutlich erklärt wird. Woher kommt es z. B. daß wir mittelst unserer Augen das Daseyn aller um uns herum befindlicher Körper empfinden? Daß wir ihre Gestalt, ihre Farben, ihre Entfernung, ihre Bewegung rc. wahrnehmen? Daß wir so manche höchst merkwürdige, oft äußerst seltsame Erscheinung sehen? Wie geht es zu, daß wir uns in allen diesen Dingen so oft täuschen und daß diese Täuschungen nicht selten den Anstrich des Wunderbaren haben? Was haben wir zu thun, um unser Gesicht möglichst zu erhalten? Wie sind die vielerlei

Hülfs- und Erleichterungsmittel zum Sehen (Spiegel, Brillen, Fernröhre, Mikroskope ꝛc.) eingerichtet? Wie erklärt man sich die Wirkung derselben? Was für Eigenschaften characterisiren ihre Brauchbarkeit und Güte? Und wie benutzt man sie am zweckmäßigsten? Welche optische Werkzeuge, selbst zur Ergötzung des Auges und zu Belustigungen überhaupt, giebt es außer jenen noch? — Diese und viele andere Fragen hoffe ich im vorliegenden Werke so beantwortet zu haben, daß jeder Gebildete, auch ohne eigentliche mathematische Kenntnisse, die nöthige Belehrung und gewiß auch manche angenehme Unterhaltung daraus wird schöpfen können. Vielleicht darf ich mir auch schmeicheln,

daß selbst angehenden Aerzten und Wundärzten, denen doch die in meinem Buche entwickelten Grundsätze der Optik, besonders das, was ich über das Sehen, über die dabei vorkommenden Täuschungen u. dgl. gesagt und erklärt habe, bekannt seyn sollte, der Unterricht dieses Buchs nicht ohne Nutzen seyn werde.

Tübingen, im Februar 1823.

D. J. H. M. Poppe.

Inhalt.

Seite

Erstes Kapitel. Allgemeine Betrachtungen über das Licht 1

Zweites Kapitel. Die Zurückwerfung des Lichts und die Lehre von den Spiegeln . . 19

1. Ebene Spiegel 22
2. Allerlei Erscheinungen und optische Belustigungen, durch die verschiedene Lage der Spiegel veranlaßt 27
3. Die vollkommensten ebenen Spiegel . 41
4. Die krummen Spiegel, hauptsächlich Hohlspiegel und Convexspiegel 44
5. Luftbilder und Geister-Erscheinungen durch Hohlspiegel 61
6. Darstellung von verzerrten Bildern in Spiegeln und katoptrische Verwandlungen . 69

Drittes Kapitel. Die Brechung des Lichts und die Lehre von den einfachen Gläsern . 72

1. Allerlei kleinere Erscheinungen auf der Erde, welche von der Brechung der Lichtstrahlen herrühren 79

Seite
2. Größere, sehr merkwürdige, durch Brechung der Lichtstrahlen veranlaßte Erscheinungen 82
3. Erscheinung in einfachen, geschliffenen oder auf andere Weise geformten Gläsern, namentlich den Linsengläsern . . . 95
Viertes Kapitel. Die Farben. . . 115
Fünftes Kapitel. Polarität und Beugung des Lichts 131
Sechstes Kapitel. Das Auge und die Beschaffenheit des Sehens 139
1. Beschreibung des Auges 139
2. Das Sehen mit den Augen . . . 147
3. Kurzsichtige und weitsichtige Augen . 152
4. Auswahl der Brillen 159
5. Die kleinen verkehrten Bilder auf der Netzhaut und die doppelten Bilder in beiden Augen 169
6. Dauer des Licht-Eindrucks im Auge 174
Siebentes Kapitel. Die Schonung und Erhaltung der Augen und die gewöhnlichen Augenübel 181
Achtes Kapitel. Sehewinkel oder scheinbare Größe der Gegenstände, welche wir sehen . 190
Neuntes Kapitel. Merkwürdige optische Täuschungen, die auf falschen Urtheilen beruhen 200

Seite

1. Täuschung in der Größe, Lage und Entfernung der Gegenstände . . . 200

2. Täuschungen in der Gestalt der Gegenstände ꝛc. und optische Anamorphosen . . 232

3. Täuschung bei Bewegungen von Körpern 237

Zehntes Kapitel. Die Fernröhre überhaupt 253

Eilftes Kapitel. Die dioptrischen Fernröhre insbesondere 257

1. Galileisches Fernrohr 257

2. Keplersches Fernrohr 262

3. Erdrohr 264

4. Achromatische Fernröhre insbesondere . 267

Zwölftes Kapitel. Die katoptrischen Fernröhre oder Spiegelteleskope insbesondere . . 274

1. Newtonsches oder Herschelsches Teleskop 274

2. Cassegrainsches Teleskop . . . 283

3. Das Gregorysche Teleskop . . . 285

Dreizehntes Kapitel. Noch einige besondere Arten von Fernröhren 287

Vierzehntes Kapitel. Die Mikroskope . 290

Fünfzehntes Kapitel. Die Haupteigenschaften guter Fernröhre und Mikroskope . . 298

Sechszehntes Kapitel. Die Mikrometer an Mikroskopen und Fernröhren . . . 302

Siebzehntes Kapitel. Die Zauberlaterne 310

Seite

Achtzehntes Kapitel. Die Geistererscheinungen mittelst der Zauberlaterne . . . 313

Neunzehntes Kapitel. Das Sonnen- und Lampenmikroskop 317

Zwanzigstes Kapitel. Die dunkle Kammer 323

Ein und zwanzigstes Kapitel. Die helle Kammer 329

Zwei und zwanzigstes Kapitel. Einige Betrachtungen über das Flammenlicht und über Laternen 343

Drei und zwanzigstes Kapitel. Die Photometer zur Bestimmung der Lichtstärke . 353

Erstes Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen über das Licht.

Wir verdanken es dem Lichte, diesem so äusserst feinen, so herrlichen Stoffe, daß wir die um uns herum befindlichen nähern und entferntern Körper, ja, daß wir uns selbst sehen können. Vermöge des Lichts, als eines Zwischenmittels, bekommt unser Auge Eindrücke von den Körpern; und diese Eindrücke empfindet unsere Seele, weil unser Auge (wie die Folge lehren wird) so eingerichtet ist, daß die Licht-Eindrücke bis zum Gehirne hin fortgepflanzt werden. Auf diese Art nehmen wir die Körper wahr, ohne daß wir sie zu befühlen oder mit unserm Leibe unmittelbar zu berühren brauchen; und das ist es eben, was man sehen nennt.

Es gehört also zum Sehen das Daseyn des Lichts und ein gutes Auge, welches fähig

ist, die Licht-Eindrücke anzunehmen und bis zu unserm Gehirne hin fortzupflanzen, damit unsere Seele obige Empfindung davon habe.

Die Quellen des Lichts, woraus dasselbe nach allen Gegenden hin fortströmt, um so vielfältige Körper zu beleuchten und andere wohlthätige Wirkungen zu äussern, sind von verschiedener Art. Die Hauptquelle für uns ist die Sonne, deren Licht wir des Tages über in so reichlichem Maaße empfangen. Die Sonne ist gleichsam mit einer Licht-Atmosphäre (auf ähnliche Art, wie unsere Erde mit einer Luft-Atmosphäre) umgeben; davon strömt in jedem Augenblicke eine ungeheure Menge in den Himmelsraum hinein und trifft auch unsere Erde, sowie die übrigen Planeten und noch manche andere Weltkörper. Die Lichtquelle der Sonne scheint sich hierbei auch in Jahrtausenden nicht zu vermindern, wahrscheinlich, weil sich bei ihr in jedem Augenblicke so viel neues Licht entwickelt, als die fortströmende Quantität betrug.

Eine ähnliche Lichtquelle hat ohnstreitig auch jeder Fixstern. Aber wegen der ungeheuren Entfernung dieser Sterne von unserer Erde genießen wir von ihrem Lichte nicht viel mehr, als den Anblick eines prachtvollen Himmels zur Nachtzeit.

Brennende Körper, besonders diejenigen, welche mit einer Flamme brennen, wie die Kerzen und Lampen, strömen gleichfalls Licht aus, welches uns in der Nacht leuchten muß. Zum Sehen der Körper des Nachts, und in Gemächern, die von der Sonne nicht beschienen werden, ist uns dieses Licht von großer Nutzbarkeit.

Die meisten Körper, wenn sie auch nicht brennbar sind, können durch Erhitzung in einen leuchtenden Zustand gebracht werden. Ist der Grad der Erhitzung bedeutend, so glühen sie, und strömen dann Licht aus, welches freilich nicht so bedeutend ist, daß man dadurch in einer großen Entfernung sehen könnte, wie bei glühendem Eisen und bei andern glühenden Mi-

neralien. Diejenigen Körper, welche schon bei niedriger Temperatur leuchten, nennt man Phosphoren oder phosphorescirende Körper.

Auch manche Thiere leuchten und strömen Licht aus, z. B. die Johanniswürmchen. Dasselbe thun einige modernde und faulende Körper, z. B. moderndes Holz, faule Seefische ꝛc. Dieses Licht ist aber gegen das Sonnenlicht und selbst gegen das Flammenlicht nur schwach.

Eben so ist es auch mit dem Lichte der Lichtsauger oder Lichtmagnete, d. h. solcher Körper, welche, nachdem sie eine Zeitlang erleuchtet worden waren und Licht gleichsam eingeschluckt hatten, an einem finstern Orte selbst wieder leuchten. Der Diamant gehört vorzüglich zu diesen Körpern; aber auch der Bononische Stein (ein Schwerspath), mancher Flußspath, Schwefelkalk ꝛc.

Weit stärker leuchten mit eigenem Lichte die elektrisirten Körper, z. B. eine in

Thätigkeit gesetzte Elektrisirmaschine, der Blitz in Gewitterwolken u. s. w. Der Blitz leuchtet des Nachts oft so sehr, daß man selbst entfernte Gegenstände erkennen kann.

Das Licht der schwach leuchtenden Körper wird oft von dem Lichte der stärker leuchtenden so überwältigt, daß jene ohne Helligkeit erscheinen. Das schwache Licht verliert sich dann gleichsam in der großen Masse des starken. Deswegen leuchten Johanniswürmchen, faules Holz u. dgl. nicht am Tageslichte, sondern nur im Dunkeln; deswegen ist der Schein einer Lichtflamme, die des Nachts ein Zimmer erleuchtet, im Sonnenscheine kaum zu bemerken. Deswegen sehen wir auch am Tage die Sterne nicht.

Die unendlich feinen Lichttheilchen, welche in so ungeheurer Menge und mit so ausserordentlicher Geschwindigkeit (in einer Sekunde durch einen Raum von 40 bis 42,000 Meilen) von dem leuchtenden Körper hinwegströmen, verbreiten sich in geraden Linien durch den

Raum, den sie erleuchten können. Sollen die Lichtstrahlen irgend einen Raum zu erleuchten vermögen, so muß die Materie, welche die Lichtstrahlen, von dem leuchtenden Körper an, zu durchdringen haben, transparent oder durchsichtig seyn (wie Luft, Glas, Wasser u. dgl.), d. h. die Eigenschaft besitzen, die Lichttheilchen ungehindert hindurch zu lassen. Treffen sie auf undurchsichtige Körper, so prallen sie von diesen zurück. Eine hinter einander liegende Reihe von Lichttheilchen bildet den Lichtstrahl; und daß dieser in einer und derselben durchsichtigen Materie immer geradlinicht ist, lehrt die tägliche Erfahrung. Denn wenn man diese gerade Linie durch einen undurchsichtigen Körper unterbricht, diesen undurchsichtigen Körper z. B. zwischen einen leuchtenden Punkt und zwischen das Auge schiebt, so sieht man den leuchtenden Punkt nicht mehr. Läßt man Lichtstrahlen durch ein kleines Löchelchen (z. B. eines Fensterladens) in ein finsteres Zimmer fallen, so sieht man wieder deut-

lich, daß diese Strahlen geradlinicht in dem finstern Zimmer hinschießen.

Strahlen, die von einem leuchtenden Punkte ausströmen, fahren von diesem an immer weiter auseinander oder divergiren immer mehr, und zwar rings um dem leuchtenden Punkte herum. Denn dieser wird ja rings herum überall gesehen, wenn ihn kein undurchsichtiger Körper verdeckt. Die ganze Summe von Lichtstrahlen, wie sie, von dem leuchtenden Punkte aus, nach allen Gegenden hin sich erstrecken, bilden daher, wenn man sie von einerlei Länge sich denkt, eine Lichtkugel, wie dies Fig. 1. Taf. I. einigermaßen anschaulich machen wird. Der leuchtende Punkt ist der Mittelpunkt dieser Lichtkugel.

Ein Flämmchen, auch wenn es noch so klein ist, bildet freilich nie einen bloßen Punkt. Aber mit einem großen Raume verglichen, kann es als ein Punkt betrachtet werden. Ein solches Flämmchen sendet Lichtstrahlen nach allen Gegenden hin und alle diese Lichtstrahlen bil-

den eine Lichtkugel um dem Flämmchen herum, wenn man sie insgesammt gleich lang annimmt. Man kann sich die Lichtkugel kleiner oder größer denken, je nachdem man die Lichtstrahlen kürzer oder länger sich vorstellt. Nahe um dem Flämmchen herum sind sie noch enge beisammen, folglich dichter; weiter davon hinweg sind sie wegen des Auseinanderfahrens lockerer.

Fängt man nur an einer Stelle die Lichtstrahlen mit einer dunkeln undurchsichtigen Fläche auf, so bilden diese Lichtstrahlen zusammen entweder einen Lichtkegel oder eine Lichtpyramide, je nachdem jene Fläche ein Kreis oder eine geradlinichte Figur ist. Der leuchtende Punkt macht dann die Spitze, die undurchsichtige Fläche aber die Basis des Kegels oder der Pyramide aus.

Bedeutete a b, Fig. 1., eine solche undurchsichtige Fläche, auf welche Lichtstrahlen fallen, die von dem leuchtenden Punkte c herkommen, so wäre c a b der Lichtkegel oder die Lichtpyramide. Nimmt man an der Oberfläche der

Lichtkugel eine Kreisfläche an, so bilden ebenfalls diejenigen Strahlen, welche vom Mittelpunkte aus nur auf diese Kreisfläche fallen, den Lichtkegel. Denkt man sich an derselben Kugeloberfläche ein Dreieck, ein Viereck ꝛc., und Strahlen blos auf diese Figuren fallend, so hat man wieder eine Vorstellung von der Lichtpyramide.

Bohrt man in den Laden eines verfinsterten Zimmers eine kleine runde Oefnung, z. B. a Fig. 2. Taf. I., so wird man wieder deutlich wahrnehmen, daß der in das Zimmer schießende Lichtbüschel immer weiter auseinander fährt und einen Lichtkegel bildet. Fängt man nämlich die Lichtstrahlen mit einer gerade davor gehaltenen undurchsichtigen Fläche (z. B. mit einem Stücke Papier) auf, so erhält man einen runden hellen Kreis auf der Fläche, z. B. e d, c b u. s. w. Der Kreis ist desto kleiner, je näher man die Fläche an das Loch a hält; desto größer, in je weiterer Entfernung von dem Loche man die Lichtstrahlen auffängt. Die

hellen Kreise auf der Fläche sind gleichsam Durchschnitte durch den Lichtkegel, welche parallel mit der Grundfläche des Kegels geführt werden.

In der Geometrie beweißt man, daß die Oberflächen der Kugeln von verschiedenen Durchmessern sich, dem Flächen-Inhalte nach, wie die Quadrate der Durchmesser verhalten; und daß sich eben so die Schnitte durch einen Kegel oder durch eine Pyramide, mit einer Ebene der Grundfläche parallel geführt, wie die Quadrate der Durchmesser dieser Schnitte, oder wie die Quadrate der Entfernungen der Schnitte von der Spitze des Kegels oder der Pyramide verhalten.

Denkt man sich also um einem und demselben leuchtenden Punkte herum eine kleine und eine große Lichtkugel, so wird sich die Größe der Oberfläche der kleinen Kugel zur Größe der Oberfläche der großen wie das Quadrat des Durchmessers der kleinen zum Quadrate des Durchmessers der großen verhalten. Ist daher

der Durchmesser der großen Kugel zweimal, dreimal, viermal ꝛc. größer, so ist ihre Oberfläche viermal, neunmal, sechszehnmal größer, weil 4 das Quadrat von 2, 9 das Quadrat von 3, 16 das Quadrat von 4 ist; u. s. w.

Ist ferner chi, Fig. 3., ein Lichtkegel, in dessen Spitze c der leuchtende Punkt sich befindet, so verhalten sich die kreisförmigen Durchschnitte ab, de, fg, hi, ihrer Größe nach, wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Spitze c. Ist daher die Fläche de zweimal so weit von der Spitze c hinweg, als ab, so ist sie viermal größer als diese. Ist fg dreimal so weit hinweg, so ist sie neunmal größer; ist hi viermal weiter hinweg, so ist sie sechszehnmal größer als ab.

Nun soll einmal chi einen Lichtkegel bedeuten, und ab, de, fg und hi sollen Flächen vorstellen (z. B. Papierbögen), welche senkrecht gegen die Axe des Kegels und parallel mit der Grundfläche hineingeschoben wer-

den. Alsdann muß die Kreisfläche de in der doppelten Entfernung von c viermal größer seyn, als ab, wenn sie noch dieselben Lichtstrahlen auffangen soll, die vorher (in der einfachen Entfernung) ab auffing; fg in der dreifachen Entfernung muß, um noch dieselben Strahlen enthalten zu können, neunmal größer seyn; hi in der vierfachen Entfernung sechszehnmal größer; u. s. w. Trifft dieselbe Summe von Lichttheilchen die viermal so große Fläche de und breitet sich darauf aus, welche vorher die viermal kleinere Fläche ab erhielt, so muß die Fläche de auch wohl viermal schwächer beleuchtet werden; trifft dieselbe Summe von Lichttheilchen die neunmal so große Fläche fg und breitet sich darauf aus, so muß diese Fläche auch neunmal schwächer beleuchtet werden; auf der sechszehnmal so großen Fläche hi sechszehnmal schwächer; u. s. w. Daher sagt man: die Stärke des Lichts, welches von irgend

einem Orte ausströmt, nimmt in demselben Verhältnisse ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

Will man daher in der doppelten Entfernung von einer Lichtflamme eben so gut sehen, als in der einfachen (versteht sich, unter gleichen übrigen Umständen), so muß man an die Stelle des einen Lichts vier Lichter setzen; will man in der dreifachen Entfernung noch eben so gut sehen, so muß man neun Lichter; für die vierfache Entfernung sechszehn Lichter rc. hinsetzen.

Die Entfernung einer Fläche von einerlei leuchtendem Körper bestimmt nur dann die Stärke der Beleuchtung, wenn die Fläche auf einerlei Art gegen den leuchtenden Körper hingekehrt ist. Denn auch die Lage der Fläche gegen den leuchtenden Körper hat auf die Stärke der Beleuchtung vielen Einfluß. Unter gleichen übrigen Umständen ist eine Fläche am stärksten beleuchtet, wenn die Strahlen senkrecht auf sie fallen. Hat die Fläche eine schiefe

Richtung gegen die Lichtstrahlen, so fahren viele von diesen über sie hinweg oder gleiten an ihr ab, die sonst die Fläche noch getroffen hätten. Je schiefer die Strahlen auffallen, desto schwächer ist die Beleuchtung. Leicht kann man sich hiervon durch die Erfahrung überzeugen, wenn man des Abends ein beschriebenes oder bedrucktes Papier erst in senkrechter, dann in schiefer Lage gegen die Lichtflamme hält; man sieht dann deutlich, wie die Helligkeit des Papiers immer mehr abnimmt, je mehr die Lage desselben der horizontalen sich nähert.

Wenn das Licht geradlinicht fortschießt und auf einen dunkeln undurchsichtigen Körper trifft, so muß es auch an den Gränzen desselben geradlinicht vorbeigehen. Es muß also hinter dem undurchsichtigen Körper einen von geradlinichten Lichtstrahlen begränzten Raum geben, welcher nicht beleuchtet ist. Dieser Raum wird Schatten genannt. Seine Größe, Gestalt und Lage hängt natürlich von der Größe, Gestalt und Lage sowohl des leuchtenden, als des

erleuchteten Körpers, und von der Entfernung des einen von dem andern ab.

Würde der undurchsichtige Körper von einem einzigen leuchtenden Punkte erhellt, so müßte der Schatten hinter dem undurchsichtigen Körper ein vollkommen lichtloser Raum seyn. Eigentliche leuchtende Punkte giebt es aber nicht, sondern leuchtende Körper, die aus mehreren, oft aus ungeheuer vielen, leuchtenden Punkten bestehen. In diesem Falle giebt es hinter dem undurchsichtigen Körper zwar ebenfalls einen lichtlosen Raum, den sogenannten Kernschatten oder Schlagschatten; aber die an diesem Kernschatten zunächst angränzenden Räume erhalten auch von manchen Punkten des leuchtenden Körpers kein Licht, während sie von andern Punkten desselben Körpers erhellt werden. Also sind diese Räume nur zum Theil erleuchtet, und deswegen nennt man sie Halbschatten. Nur durch allmähliche Abstufungen geht jeder Halbschatten in die volle Beleuchtung über.

Wenn A, Fig. 4. Taf. I., einen leuchtenden, B einen dunkeln undurchsichtigen Körper bedeutet, so sind af, bg, ac, bd Strahlen, welche an dem dunkeln Körper B vorbeifahren. Der Raum Bfg macht den Kernschatten aus; denn in ihn kommen keine Strahlen, auch von keinem äussersten Punkte a und b des leuchtenden Körpers, man mag sie sich an B geradlinicht vorbei gehend gedenken, wie man will. Die Räume Bfd und Bgc aber bilden den Halbschatten. Von den äussersten Punkten b kommt kein Strahl in den Raum Bfd, und von den äussersten Punkten a keiner in den Raum Bgc. Aber von den leuchtenden Punkten, die zwischen a und b und zwischen b und a liegen', kommen Strahlen in die Räume Bgc und Bfd, wie man leicht findet, wenn man von solchen Punkten gerade Linien an den Gränzen des dunkeln Körpers B heraus ziehen will.

Ist sowohl der leuchtende, als der erleuchtete Körper eine Kugel, so hat der Kernschatten entweder die Gestalt eines Cylinders (einer

ner Walze) oder eines Kegels. Die Gestalt eines Cylinders hat er, wenn leuchtender und erleuchteter Körper gleich groß sind, wie B fg Fig. 4. zeigt. Ein solcher Schatten hat kein Ende; denn die Seiten eines Cylinders bleiben sich immer parallel, man mag sie so weit verlängern, als man will. Ist der leuchtende Körper größer, als der erleuchtete, wie bei Fig. 5., wo A den leuchtenden und B den erleuchteten dunkeln Körper vorstellt, so ist die Gestalt des Kernschattens kegelförmig, und zwar ist die Spitze c des Schattenkegels von den Körpern A und B hinweg gekehrt. Dieser Fall findet bei Sonne und Erde statt; letztere, von der Sonne beleuchtet, wirft einen solchen kegelförmigen (sehr langen) Schatten hinter sich. Wäre der leuchtende Körper kleiner, als der erleuchtete, so würde der Kernschatten hinter dem erleuchteten Körper gleichfalls kegelförmig seyn, aber so, daß die Spitze des Kegels nach dem Körper hin läge, der Schatten hingegen immer weiter auseinander liefe, folg-

lich gleichfalls, wie der cylindrische Schatten, ohne Ende wäre.

Der vollkommene Kernschatten sollte eigentlich immer ganz schwarz erscheinen. Ist dies nicht der Fall, so rührt es davon her, daß von andern leuchtenden Körpern (auch wenn sie schwach leuchten) Strahlen in den dunkeln Raum gelangten.

Zweites Kapitel.

Die Zurückwerfung des Lichts und die Lehre von den Spiegeln.

Wenn Licht auf dunkle undurchsichtige Körper fällt, so muß es von diesen entweder eingeschluckt oder zurückgeworfen werden. Nur wenige Körper (die schwarzen) schlucken das auffallende Licht ein oder behalten es auf irgend eine Art bei sich; die meisten werfen es zurück oder reflectiren es.

Das allermeiste Licht, welches, von Körpern aus, in unsere Augen gelangt, ist zurückgeworfenes Licht. Fast alle Gegenstände auf der Erde sehen wir vermöge des reflectirten Lichts, meistens vermöge des einfach, zuweilen auch vermöge des doppelt oder mehrfach reflectirten Lichts. Das Sonnenlicht trifft auf unzählich viele Körper der Erde und wird von

diesen nach allen möglichen Richtungen, auch nach unsern Augen hin, zurückgeworfen. Es trifft auch auf andere Weltkörper, auf unsern Mond und auf die Planeten; und auch von diesen wird es zurückgeworfen. Das Licht des Mondes und der Planeten ist daher nur reflectirtes Sonnenlicht. Das reflectirte Licht, womit der Mond unsere Erde bescheint, wird von den vielen Körpern unserer Erde abermals zurückgeworfen, z. B. in unser Auge, und dann sehen wir diese Körper vermöge eines doppelt zurückgeworfenen Lichts. Wenn die Lichtflamme und die Flamme anderer brennender Körper, glühende Körper, Phosphoren und andere selbstleuchtende Körper, dunkele undurchsichtige Gegenstände bescheinen, so werden die Strahlen jener leuchtenden Körper gleichfalls von diesen Gegenständen zurückgeworfen.

Das Zurückwerfen der Lichtstrahlen von dunkeln undurchsichtigen Körpern geschieht ganz nach denselben Gesetzen, wonach feste und flüssige elastische Körper, welche auf harte Körper

stoßen, oder harte Körper, die an elastische Massen stoßen (z. B. Billiardkugeln, fortschießende Lufttheilchen, fortgetriebener Wärmestoff u. dgl.) zurückgeworfen werden, nämlich: der Reflectionswinkel ist immer dem Einfallswinkel gleich.

Ist A B, Fig. 6. Taf. I., eine undurchsichtige Ebene und a c ein auf die Ebene fallender Lichtstrahl, so wird dieser von der Ebene nach der Richtung c b unter einem Winkel y mit der Ebene zurückgeworfen, welcher dem Winkel x gleich ist. Der Winkel x, welchen der einfallende Lichtstrahl mit der Ebene A B macht, ist der Einfallswinkel, der Winkel y, den der zurückprallende Strahl mit derselben Ebene bildet, der Zurückstrahlungswinkel oder Reflectionswinkel. Daß beide Winkel gleich seyn müssen, läßt sich mathematisch beweisen.

Denkt man sich auf der Stelle der Ebene, wo ein Lichtstrahl hintrifft, ein Perpendikel c d aufgerichtet, so bildet dieses das sogenann-

te **Einfallsloth** oder **Neigungsloth**. Auch der Winkel a c d, welchen der einfallende Strahl mit diesem Einfallsloth bildet, wird wohl **Einfallswinkel**, sowie der Winkel b c d, welchen der zurückgeworfene Strahl mit demselben Lothe macht, **Zurückstrahlungswinkel** oder **Reflectionswinkel** genannt. Auch diese Winkel sind begreiflich einander gleich, wenn y und x gleich groß sind. Fällt ein Strahl in der Richtung des Einfallsloths auf die Ebene, so wird er auch in derselben Richtung (unter einem rechten Winkel), folglich **in sich selbst** zurückgeworfen.

1) Spiegel, besonders ebene Spiegel.

Eine rauhe Fläche ist anzusehen, als eine Fläche mit unzählig vielen Ebenen, die sehr verschiedene und unordentliche Lagen haben; eine glatte blanke Fläche als eine Fläche, gleichfalls mit unzählig vielen Ebenen, die aber alle einerlei, oder doch sehr ordentliche Lagen haben. Glatte blanke undurchsichtige Flächen (z. B. die polirten oder mit Glas oder auch

mit Wasser überzogenen Oberflächen von dunkeln undurchsichtigen Körpern) bilden die sogenannten Spiegel.

Ebene Spiegel sind solche, deren blanke, die Lichtstrahlen zurückwerfende, Fläche eine ebene Fläche ist. Man sieht darin Gegenstände, welche vor dem Spiegel sich befinden, von natürlicher Größe so weit hinter der Spiegelfläche abgebildet, als die Gegenstände selbst vor der Spiegelfläche sich befinden, gewöhnlich etwas weniger hell und deutlich, als die Gegenstände selbst, wenn wir nach diesen und nicht nach dem Spiegel unsere Augen richten, folglich die Lichtstrahlen von den Gegenständen unmittelbar und nicht durch Zurückwerfung erhalten. Sehen wir die Gegenstände durch Zurückwerfung ihrer Lichtstrahlen von der Spiegelfläche, so pflegen wir sie Bilder zu nennen.

Gesetzt, AB Fig. 7. Taf. I. wäre ein ebener Spiegel, ab ein Gegenstand vor dem Spiegel. Von diesem Gegenstande (er mag ein selbstleuchtender oder ein erleuchteter Kör-

per seyn) fahren Strahlen nach allen Gegenden, folglich auch nach der Spiegelfläche hin. Von der Spiegelfläche werden die Strahlen nach den bekannten Gesetzen zurückgeworfen. Wenn nun die zurückgeworfenen Strahlen von der Spiegelfläche aus in derselben Ordnung in unser Auge gerathen, als wenn dasselbe, gerade auf den Gegenstand gerichtet, sie unmittelbar von dem Gegenstande erhalten hätte, so muß es unserer Seele, mittelst des Auges, vorkommen, als wenn die Strahlen von einer Stelle hinter der Spiegelfläche herbeigefahren wären. Denn daß unsere Seele nur nach der Richtung, wie die Lichtstrahlen in unser Auge gelangen, die Stelle und Lage des Orts eines Gegenstandes schätzt, dem die Strahlen zugehören, wird in der Folge erklärt werden.

Fällt z. B. von dem obersten Punkte a des Gegenstandes ab, Fig. 7., ein Strahl ac auf die Spiegelfläche, so wird dieser Strahl bei c nach cd, nämlich unter einem Winkel

zurückgeworfen, der dem Einfallswinkel gleich ist. Ein Auge, das in der Richtung des zurückgeworfenen Strahls c d sich befindet, empfängt diesen Strahl. Denkt man sich noch einen Strahl, etwa einen perpendikulären a g, so wird dieser ebenfalls unter demselben Winkel, also nach g a zurückgeworfen. Ein Auge, das in der Richtung dieses zurückgeworfenen Strahls sich befindet, empfängt auch ihn. Beide Strahlen scheinen aus einem hinter der Spiegelfläche liegenden Punkte α ausgelaufen zu seyn; denn wenn man sie sich verlängert gedenkt, so treffen sie da zusammen. Folglich ist α das Bild des Punktes a. Aus der Gleichheit der beiden Dreiecke a g c und α g c, folglich auch der Seiten a g und α g, kann man leicht darthun, daß das Bild α des Punktes eben so weit hinter der Spiegelfläche liegt, als der Punkt a vor der Spiegelfläche.

Man mag noch so viele Strahlen von dem Punkte a auf die Spiegelfläche und von dieser zurückgeworfen sich denken, so werden alle

reflectirte Strahlen von dem Punkte α auszulaufen scheinen.

Dieselbe Erscheinung findet nun auch in Hinsicht aller übrigen Punkte des Gegenstandes ab, z. B. des untersten Punktes b statt. Der von diesem Punkte b ausgehende Strahl be wird nach ef, der Strahl bh nach hb zurückgeworfen. Beide reflectirte Strahlen scheinen unserer Seele, mittelst des Auges, von dem Punkte β auszulaufen, folglich ist in β das Bild des Punktes b.

So ist es nun auch leicht einzusehen, daß, wenn man von allen zwischen den Punkten a und b liegenden Stellen des Gegenstandes, oder von dem ganzen Gegenstande ab, Strahlen auf die Spiegelfläche AB fallend sich denkt, alle reflectirte Strahlen von αβ auszulaufen scheinen, und daß daher αβ das Bild des Gegenstandes ab ist, von derselben Größe, wie der Gegenstand, und so weit hinter der Spiegelfläche, als der Gegenstand selbst vor der Spiegelfläche sich befindet.

Um die Lage und Größe eines Bildes hinter der Spiegelfläche zu bestimmen, braucht man nur, wie das Bisherige zeigte, sowohl von dem untersten als obersten Punkte ein Paar Strahlen, z. B. einen schief auffallenden und einen perpendikulären, anzunehmen, und ihren Reflectionswinkel dem Einfallswinkel gleich zu machen. Wo dann die, hinter der Spiegelfläche verlängerten, zurückgeworfenen Strahlen sich schneiden, da fällt das Bild hin. Und die Durchschnittspunkte bestimmen nun auch die Größe des Bildes.

2) Allerlei Erscheinungen und optische Belustigungen, durch die verschiedene Lage der Spiegel veranlaßt.

Ist der Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Horizont geneigt, wie A B Fig. 8., so wird das Bild von jedem vor dem Spiegel stehenden Gegenstande liegend, von jedem liegenden Gegenstande stehend erscheinen. Der Strahl a c von dem obersten Punkte a des Gegenstandes a b wird nach c d, der perpendikulär auffallende Strahl a g nach

ga zurückgeworfen. Beide reflectirte Strahlen scheinen daher von dem Punkte α auszulaufen. Der Strahl be von dem untersten Punkte b des Gegenstandes wird nach ef, der Strahl bh nach hb zurückgeworfen. Das Bild des Punktes b ist daher in β und des Gegenstandes ab selbst in αβ. Das Bild jedes Punktes von einem Gegenstande liegt immer so weit hinter der Spiegelfläche, als der Punkt selbst vor der Spiegelfläche sich befindet. Wenn man nur dieses bedenkt, so kann man leicht den Ort des Bildes von jedem Punkte finden.

Daß das Bild eines liegenden Gegenstandes stehend ist, ergiebt sich ebenfalls leicht aus Fig. 8., wenn man αβ zum Gegenstande macht und sich wieder vom obersten und untersten Punkte dieses Gegenstandes Strahlen auf die Spiegelfläche AB denkt. Man wird dann bald finden, daß ab das Bild von αβ seyn muß.

Hat der Spiegel eine horizontale Lage, wie AB Fig. 1. Taf. II., so wird das Bild,

in Beziehung auf den Gegenstand, **verkehrt** im Spiegel gesehen. Ein Mensch sieht sich in einem solchen Spiegel auf dem Kopfe stehend.

Ob ein Auge das Bild eines Gegenstandes wirklich im Spiegel sehe, kommt auf die Lage des Auges vor der Spiegelfläche an. Ein Auge sieht das Bild, wenn gerade Linien, von dem Auge nach den Gränzpunkten des Bildes hingezogen, durch die Spiegelfläche gehen. Dies würde z. B. bei Fig. 7. Taf. I. der Fall seyn, wenn das Auge bei o sich befindet. Die Linien von diesem Auge, nach den Punkten α und β des Bildes, treffen die Spiegelfläche. Rückt aber das Auge nach o′ hin, so sieht es kein Bild des Gegenstandes **ab** mehr; denn nun fahren die von o′ nach α und β gezogenen geraden Linien unter dem Spiegel hin oder vor demselben vorbei.

Steht das Auge bei o, Fig. 8. Taf. I., so sieht es das Bild αβ recht gut; steht es aber in o′, so sieht es wohl den Punkt α des Bildes, aber nicht den Punkt β; es sieht also

nur einen Theil des Bildes. Die gerade Linie von o' nach α und nach einigen benachbarten Punkten trifft die Spiegelfläche; aber nicht die gerade Linie von o' nach β.

Will man in dem Spiegel das Bild eines Gegenstandes ganz erblicken, so braucht der Spiegel nie ganz so groß zu seyn, als der Gegenstand; er kann um so kleiner seyn, je näher das Auge dem Spiegel ist. Man sieht dies offenbar, wenn man von dem Auge gerade Linien nach den Gränzpunkten des Bildes zieht. Diese Linien werden da, wo sie durch den Spiegel gehen, immer ein Stück der Spiegelfläche zwischen sich haben, welches kleiner, oft nur halb so klein, als das Bild (folglich auch als der Gegenstand) ist.

Wenn zwei Spiegel unter irgend einem Winkel gegen einander gestellt sind, wie A C und B C, Fig. 2. Taf. II., so sieht man von einem dazwischen liegenden Gegenstande a mehrere Bilder, b, c, d, e, und zwar um so mehrere, je kleiner der Winkel C ist, den

die Spiegel mit einander machen. Beträgt der Winkel 90 Grade, so sieht man 3 Bilder; beträgt er 60 Grade, so sieht man 5; beträgt er 45 Grade, so sieht man 7; beträgt er 36 Grade, so sieht man 9 Bilder. Ueberhaupt sieht man so viele Bilder, als die Zahl beträgt, welche herauskommt, wenn man 360 Grade durch die Anzahl Grade dividirt, die der Winkel der aneinander gesetzten Spiegel ausmacht, und dann von dem Quotienten 1 abzieht; oder man sieht den Gegenstand so vielemal, als der Winkel der Spiegel in 360 Graden enthalten ist, wenn man den Gegenstand selbst mitzählt.

Die Ursache von den vielen Bildern ist in der mehrfachen Zurückwerfung der Lichtstrahlen zu suchen, welche auf die Spiegelfläche fallen. Denn die Strahlen werden mehreremale von einem Spiegel auf den andern geworfen. Daher giebt es hier nicht blos Bilder von dem Gegenstande, sondern auch gleichsam wieder Bilder von Bildern.

Der Gegenstand a, Fig. 2. Taf. II., macht erst ein Bild bei b und ein anderes bei c. Von dem Bilde b giebt es wieder ein Bild bei e; von dem Bilde c ein anderes bei d. Vielleicht von dem Bilde d wieder ein Bild bei f, von dem Bilde e noch eins bei g. Ein Auge o sieht alle diese Bilder rings um C herum liegen, wenn gerade Linien, von dem Auge nach allen den Bildern gezogen, die beiden Spiegel AC und BC treffen. Die beiden Hauptbilder b und c sind am hellsten; die übrigen Bilder sind weniger hell.

Liegt der Ausschnitt eines Kreises zwischen den beiden Winkelspiegeln, so sieht das Auge o einen ganzen Kreis. Liegt der Theil einer Festung, eines Lagers ꝛc. dazwischen, so erscheint dem Auge eine ganze Festung, ein ganzes Lager u. dgl. Zwei Zelte, zwei Bäume, zwei Häuser ꝛc. vervielfältigen sich in einem Winkelspiegel, dessen Winkel 36 Grade beträgt, zu 20 Zelten, Bäumen, Häusern ꝛc.

So kann man also diese Vorrichtung zu mancherlei Ergötzlichkeiten anwenden.

Sind zwei Spiegel parallel gegen einander gestellt, so erscheint ein dazwischen liegender Gegenstand unzählichemal vervielfältigt, und zwar immer einer hinter dem andern. Denn von jedem Bilde giebt es immer wieder ein Bild, weil die Strahlen beständig von einem Spiegel zum andern geworfen werden. Man sieht dies in den sogenannten Spiegelzimmern und Spiegelkasten. Die vordersten Bilder sind die lebhaftesten; die andern werden immer dunkler und dunkler, je entfernter sie sind.

Die Erfindung des so bekannt gewordenen Kaleidoskops (des Schönheitsguckers) gründet sich auf ein Paar Winkelspiegel. Zwei solche Spiegel sind in einer Röhre befestigt und auf ihrer untern Kante mit einem Streifen Pappe oder Leder bedeckt. Wird nun auf der andern Seite ein Gegenstand zwischen die Spiegel gebracht, so erscheint dieser ver-

vielfältigt und bildet symmetrische Gestalten. Gewöhnlich bringt man in eine Kapsel, welche aus zwei runden zusammengehaltenen Glasscheiben besteht, verschiedene kleine Objekte, z. B. Stückchen von farbigten Steinen, von Glas, Blumenblättchen u. dgl. Wird nun das Instrument gedreht, so bewegen sich diese Objekte, kommen dadurch in die verschiedenste Lage und bilden dann, wenn man hineinsieht, mannigfaltige symmetrische Figuren von verschiedenen Farben.

Am schönsten sind die Gestalten, wenn der Winkel den 8ten, 10ten oder 12ten Theil eines ganzen Kreises ausmacht, und wenn die Spiegel Metallspiegel sind, oder doch, statt des gewöhnlichen Beleges, auf der Hinterseite eine Schwärzung bekommen haben.

Winkelspiegel, die zusammenstoßen, bilden immer sternförmige Gestalten. Man kann aber auch andere Figuren hervorbringen, wenn man mit der Stellung der Spiegel eine Aenderung vornimmt. So erhält man z. B. ein

gekrümmtes bogenförmiges Bild, wenn man die beiden Spiegel so von einander entfernt, daß sie der parallelen Lage näher kommen, obgleich sie noch eine Neigung gegen einander haben (aber ohne, daß sie zusammenstoßen). Setzt man drei Spiegel in Form eines Dreiecks ein, so erscheinen eine Menge eigner, symmetrisch geordneter Gestalten, z. B. dreieckigte, wenn die drei Spiegel ein gleichseitiges Dreieck bilden; sechseckigte, wenn die Spiegel ein rechtwinklichtes Dreieck ausmachen; u. s. w. Vier in ein Viereck gebrachte Spiegel geben streifenweise zusammengestellte Bilder.

Wirklich kann von diesem artigen Instrumente da, wo zu allerlei Behuf viele gefällige Muster nöthig sind, ein nützlicher Gebrauch gemacht werden, z. B. in Conditoreien, Kattundruckereien, in Tapetenfabriken, Teppichfabriken, in den Werkstätten der Drathflechter, Strohflechter, Kunsttischler, Buchbinder, Juwelirer, Stuckaturarbeiter, Bildhauer ꝛc. — Mit Vergrößerungsgläsern in Verbindung ge-

bracht, lassen sich die schönsten Figuren auch vergrößert, ja selbst, wie die Bilder einer Camera obscura, an der Wand darstellen.

Fängt man Strahlen von Gegenständen mit einem ebenen Spiegel auf, so kann man die Bilder dieser Gegenstände nach verschiedenen Richtungen hinwerfen lassen, je nachdem die Stellung des Spiegels ist. Dies haben wir schon weiter oben, bei Fig. 7. und 8. Taf. I. und bei Fig. 1. Taf. II. gesehen. So kann man also, wenn der Gegenstand, in Beziehung auf uns, nach Norden steht, das Bild desselben nach Osten oder nach Westen hinfallen lassen, und das Auge, welches sich in der Richtung der reflectirten Strahlen befindet, sieht dann die Gegenstände. Dies erläutert schon der bloße Anblick von Fig. 8. Taf. I., wo a b einen Gegenstand, $\alpha\beta$ das Bild desselben bedeutet, vollständig.

Es beruht hierauf diejenige Einrichtung der großen Newtonschen oder Herschelschen Spiegelteleskope, daß man von der

Seite in dieselben hineinsehen kann. Fig. 3. Taf. II. wird dies deutlich genug machen. Befindet sich in der Axe des Fernrohrs ein Spiegel ab unter einem Winkel von 45 Graden, und ist cd ein, von irgend einem Gegenstande herkommender, in diesen Spiegel einfallender Lichtstrahl, so wird derselbe nach de zurückgeworfen. Ist also zur Seite in dem Rohre eine Oeffnung af, so geht der Strahl durch dieselbe, und ein Auge, das in diese Oeffnung hineinsieht, fängt dann den Strahl auf. So wie es aber mit einem Strahle ist, so ist es auch mit mehreren; also auch mit solchen, die sich zu einem vollständigen Bilde vereinigen. Wenn demnach die Oeffnung c des Rohres nach einem Gegenstande hingekehrt ist, und der Spiegel ab macht ein Bild von diesem Gegenstande, so erblickt das zur Seite bei e hineinschauende Auge dieses Bild, oder sieht, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, den nach einer ganz andern Richtung hin liegenden Gegenstand.

Bei den genannten Spiegelteleskopen, die

ich in der Folge ausführlicher beschreiben werde, ist in der Axe des Fernrohrs nur ein kleiner ebener Spiegel unter dem Winkel von 45 Graden so befestigt, daß er das Bild von entfernten Gegenständen, welches die in dem Rohre enthaltenen krummen Spiegel machen, zu einer Seitenöffnung hin werfen kann. In der Seitenöffnung befindet sich eine kleine Okularröhre mit Gläsern, in die man hineinsieht.

Aber auch der sogenannte Operngucker (das Polemoskop) verdankt seine Wirkung einem eben so schräg gesetzten ebenen Spiegel, wie ab Fig. 3. Die Seitenöffnung af richtet man hier nach dem zu betrachtenden Gegenstande und das Auge sieht in die Oeffnung o (wie bei einem gewöhnlichen Perspective) hinein. Hier wäre also ed ein einfallender und dc ein zurückgeworfener Strahl. Wenn man daher mit einem solchen Instrumente einen Gegenstand betrachtet, so richtet man das Instrument, oder vielmehr die Axe desselben, nicht (wie bei den gewöhnlichen

Fernröhren) gerade auf den Gegenstand; sondern die Seitenöffnung richtet man auf denselben. Das Auge ist also nach einer ganz andern Richtung, und zwar nach einer solchen hingewendet, welche mit der Richtung nach dem Gegenstande einen rechten Winkel macht. Betrachtet man daher Menschen mit dem Instrumente, so ahnen diese nicht, daß man sie ansieht. Das Instrument ist hauptsächlich für nahe Gegenstände berechnet.

Alle sogenannte magische Perspective oder Zauberperspective, womit man über Köpfe, über Mauern rc. hinwegsehen kann, womit man auch scheinbar durch eine Hand, durch den Leib rc. sieht, gründen sich auf ebene Spiegel, die oft sehr versteckt in Röhren angebracht sind. Ist z. B. eine Röhre, wie Fig. 4. Taf. II., knieförmig gebogen, oder aus mehreren Rohrstücken zusammengesetzt, und es befindet sich in dem einen Knie ein ebener Spiegel a b unter einem Winkel von 45 Graden, in dem andern ein eben

solcher Spiegel c d, versteht sich mit in die Röhre hineingerichteter blanker Fläche, so ist die Wirkung des Instruments leicht in die Augen fallend. Wenn nämlich die Oeffnung A des Instruments nach einem zu betrachtenden Gegenstande hin gerichtet ist, so wird das Auge, welches in die Oeffnung B hineinsieht, den Gegenstand wahrnehmen. Denn gesetzt, e f wäre ein von dem Gegenstande herkommender Lichtstrahl, so wird dieser von dem Spiegel a b so reflectirt, daß er in der Richtung f g herunterwärts geht. Bei g trifft er den Spiegel c d. Dieser wirft ihn so zurück, daß er in der Richtung g h ins Auge kommt. — So ist es mit allen von einem Gegenstande herbeischießenden Strahlen; folglich sieht das vor B liegende Auge ein Bild des vor A liegenden Gegenstandes hinter dem Spiegel c d. Ist die Röhre, hauptsächlich das mittlere Röhrenstück, recht lang, so kann man A wohl über eine hohe Mauer hinlegen, und das bei B unten an der Mauer befindliche Auge kann dann

Gegenstände hinter der Mauer wahrnehmen; u. dgl. m.

3) Die vollkommensten ebenen Spiegel.

Freilich sind die Bilder nie so hell, als die Gegenstände selbst, wovon sie herrühren. Sie sind aber um so heller und deutlicher, je glatter und blanker die Spiegel sind. Das letzte Bild, welches durch eine zweite, dritte rc. Zurückwerfung entsteht, ist auch nie so hell und deutlich, als das erste, weil auch der beste Spiegel noch immer kein ganz vollkommener Spiegel ist, welcher alle Strahlen ohne Verlust zurückwirft. Auch der glatteste und blankeste Spiegel hat immer noch, wenn auch für unsere Sinne gar nicht bemerkbare, Stellen oder Punkte, welche einzelne Strahlen unrichtig oder gar nicht zurückwerfen. Hauptsächlich ist dies bei Glasspiegeln der Fall, und zwar um so mehr, je weniger rein die Glastafeln zu diesen Spiegeln und je dicker dieselben sind. Das Glas enthält immer, und

wenn es auch noch so rein ist, Stellen oder Punkte, die für den so äusserst feinen Lichtstrahl dunkel und undurchsichtig sind. Trifft daher der Lichtstrahl beim Einfallen in den Spiegel einen solchen Punkt, so wird er von demselben zurückgeworfen, obgleich er ganz durch das Glas hindurchgehen und erst, wie die übrigen Strahlen, von dem hintern undurchsichtigen Belege (der Folie) des Spiegels zurückgeworfen werden sollte. Dieser Strahl geht also schon, in Beziehung auf das Bild, ganz unnütz verloren. Und auf diese Weise gehen wirklich viele Strahlen verloren, wodurch also auch das Bild an Deutlichkeit verlieren muß. Aber auch manche Strahlen, die zu dem hintern Belege des Spiegels gelangen, und von diesem zurückgeworfen werden, stoßen auf ihrem Rückwege auf solche undurchsichtige Punkte, und werden von diesen wieder reflectirt, ehe sie durch die ganze Dicke des Glases gekommen waren. Durch eine solche doppelte Reflection entstehen nun

doppelte Bilder. Ja, oft entstehen auf dieselbe Art durch eine dreifache und mehrfache Reflection dreifache und mehrfache Bilder, und zwar um so mehr, je unreiner und je dicker die Glastafel ist. Daher sind alle, von einerlei Glasmasse verfertigte, Glasspiegel als Spiegel desto unvollkommener, je dicker die dazu genommene Glastafel ist. Nur der grössern Stärke wegen hat man dicke Glasspiegel gern.

Von den mehrfachen Bildern, die sich in den Glasspiegeln präsentiren (besonders wenn man etwas schräg in den Spiegel hineinsieht), ist immer nur das Eine das Hauptbild. Die übrigen sind Nebenbilder; und von diesen ist das Eine immer undeutlicher, als das Andere. Sind nun ausser dem Hauptbilde noch Nebenbilder da, so werden diese in mancher Rücksicht die Wirkung des Hauptbildes stören müssen. Daher wendet man zu solchen optischen Instrumenten, wozu auch Spiegel kommen (z. B. zu den Spiegelteleskopen),

nicht gern Glasspiegel an, sondern lieber gute Metallspiegel.

4) Die krummen Spiegel, hauptsächlich Hohlspiegel und Convexspiegel.

Krumme Spiegel sind solche, welche irgend eine bestimmte Krümmung haben. Sind solche dunkle undurchsichtige Körper, welche den Spiegel abgeben, auf einer erhabenen Fläche glatt und blank, so sind die Spiegel erhabene oder convexe Spiegel, Convexspiegel. Sind sie aber in einer Höhlung glatt und blank, so sind die Spiegel selbst concave Spiegel, hohle Spiegel oder Hohlspiegel.

Meistens ist die Krümmung, sowohl der Convexspiegel, als der Hohlspiegel, von einer Kugelfläche hergenommen, und dann heißt der Spiegel ein Kugelspiegel oder sphärischer Spiegel. So hat man denn sphärische erhabene Spiegel und sphärische Hohlspiegel. Es giebt aber auch krumme Spiegel, die nach einer andern Krüm-

mung, z. B. nach der Parabel, Hyperbel, Ellipse gebildet sind. Hieraus ist unter andern die Benennung parabolischer, hyperbolischer und elliptischer Spiegel entstanden. Ist die krumme Seitenfläche eines Cylinders oder auch eines Kegels glatt und blank, so hat man einen Cylinderspiegel oder Kegelspiegel. In allen diesen krummen Spiegeln bewirken die von allerlei Gegenständen herkommenden Lichtstrahlen, durch ihre Reflection, mancherlei, zum Theil sehr merkwürdige Erscheinungen.

Ist A B, Fig. 5. Taf. II., ein Theil einer hohlen Kugel, wovon die innere Fläche spiegelt, so macht derselbe einen sphärischen Hohlspiegel aus. Bei ihm, sowie überhaupt bei allen Spiegeln, geschieht die Zurückwerfung der einfallenden Lichtstrahlen stets nach dem bekannten Gesetze: „der Reflectionswinkel ist immer dem Einfallswinkel gleich.“ So wird z. B. der Strahl ab, der mit der Spiegelfläche den Einfallswinkel x macht,

nach b f zurückgeworfen. Der zurückgeworfene Strahl b f macht mit der Spiegelfläche den Reflectionswinkel y, welcher dem Einfallswinkel x gleich ist. Und so ist es mit allen übrigen, in den Spiegel einfallenden Strahlen.

Jedes Perpendikel, an einem Punkte der Spiegelfläche aufgerichtet, wo ein Lichtstrahl hinfällt, macht das sogenannte Einfallsloth oder Neigungsloth dieses Strahls aus. So sind hp und kq Einfallslothe für die einfallenden Strahlen gh und ik. Mittelpunkt des Spiegels heißt der Mittelpunkt der Kugel, wovon der Spiegel nur ein Theil (ein Segment oder Abschnitt) ist. Unter Halbmesser des Spiegels versteht man den Halbmesser dieser Kugel. Eine gerade Linie lm, welche durch den Mittelpunkt des Spiegels geht und auf die Mitte m des Spiegels trifft, wird Axe des Spiegels genannt. Eine solche gerade Linie steht immer perpendikulär oder lothrecht auf der Spiegelfläche, wie überhaupt jede gerade Linie, aus dem Mittel-

punkte des Spiegels auf die Spiegelfläche gezogen, mit letzterer rechte Winkel macht. Denn alle Halbmesser oder Durchmesser stehen senkrecht auf der Kugelfläche. Ein Strahl, der in der Richtung der Axe lm eintrifft, wird also in sich selbst, nach ml zurückgeworfen. — Die Sehne AB des Spiegels, oder die gerade Linie von einem Randpunkte des Spiegels bis zum gerade gegenüber liegenden wird Breite des Spiegels genannt.

Wenn Strahlen, wie ab, cd, gh, ik, lm u.s.w. parallel mit einander auf die Spiegelfläche fallen, so werden sie alle, nach geschehener Zurückwerfung (wo bei jedem der Zurückprallwinkel dem Einfallswinkel gleich ist), an einer gewissen Stelle, oder in einem gewissen Punkte f, vor der Spiegelfläche zusammen kommen, welcher Brennpunkt oder Focus genannt wird.

Den Namen Brennpunkt rechtfertigt folgende Erscheinung. Die Sonnenstrahlen strömen freilich divergirend von der Sonne aus.

Da aber die Entfernung der Sonne von der Erde (21 Millionen Meilen) so groß und die Spiegelfläche dagegen so klein ist, so kann man die auf den Hohlspiegel fallenden Sonnenstrahlen als völlig parallel ansehen. Die Summe der auf den Spiegel fallenden Sonnenstrahlen macht gleichsam einen Cylinder von einer Dicke aus, welche der Breite des Spiegels gleich ist. Nach geschehener Zurückwerfung aber werden alle diese Sonnenstrahlen in den Punkt f so zusammengebracht, folglich so concentrirt, daß sie daselbst alle entzündliche Körper leicht in Brand setzen, viele Körper schmelzen u. dgl. Zum Bewundern groß ist diese Wirkung, wenn der Hohlspiegel recht groß und gut ist.

Die Entfernung m f des Brennpunktes f von der Spiegelfläche ist immer dem halben Halbmesser des Spiegels gleich. Gehört daher der Hohlspiegel einer Kugel von 8 Fuß Durchmesser oder 4 Fuß Halbmesser zu, so ist die Brennweite dieses Spiegels 2 Fuß. Und soll eben deswegen ein Hohlspiegel in einer

Ent-

Entfernung von 25 Fuß brennen, so muß er einer hohlen Kugel von 50 Fuß Halbmesser oder 100 Fuß Durchmesser zugehören.

Jeder Hohlspiegel ist also ein Brennspiegel. Er ist, bei einerlei Glätte und Politur, desto wirksamer, je mehr Sonnenstrahlen er auffängt und je kleiner der Punkt (der Brennpunkt) ist, in welchem er die Summe der aufgefangenen Strahlen vereinigt. Er muß also recht breit seyn, damit der auffallende Strahlencylinder recht dick sey; und doch muß er ein kleines Stück oder Segment einer großen Kugelfläche ausmachen, damit die große Summe von Strahlen sich nach der Reflection in einen kleinen Punkt vereinige. Denn bei dem sphärischen Hohlspiegel werden nach der Zurückwerfung nur die ganz nahe bei der Axe einfallenden Strahlen genau in einen einzigen Punkt vereinigt. Die übrigen fallen nach der Reflection um jenen Punkt herum und bilden zusammen eigentlich einen Brennraum (statt des Brennpunktes), der desto größer

ist, eine je stärkere Krümmung der Spiegel hat, d. h. ein je größeres Stück einer kleinen Kugel er ausmacht. Je größer der Brennraum ist, desto geringer ist die Wirkung des Brennspiegels. Ist aber die Krümmung des Spiegels, bei großer Breite, wenig merklich, d. h. macht er ein kleines Stück einer recht großen Kugel aus, so erhält man einen viel kleinern Brennraum, folglich einen wirksamern Brennspiegel, der dann freilich auch eine große Brennweite hat.

Weit vollkommener sind die parabolischen Brennspiegel, d. h. diejenigen, welche nach der Parabel (einer bekannten krummen Linie der Kegelschnitte) ihre Krümmung erhalten haben. Bei diesen werden die parallel einfallenden Strahlen, wie die Sonnenstrahlen, genau in einen einzigen Punkt, einen wahren Brennpunkt, vereinigt. Solche parabolische Hohlspiegel sind freilich viel schwerer zu verfertigen, als sphärische; letztere aber machen bei der Verarbeitung desto mehr Schwie-

rigkeit, je größer die Kugel ist, wovon sie nur ein kleines Stück ausmachen sollen. Daher sind recht gute kräftige Hohlspiegel immer kostspielig.

Hohlspiegel von solchem Metalle, welches sich schön glätten und poliren läßt, sind freilich die allerbesten. Indessen macht man auch wohl hölzerne oder pappene Brennspiegel mit einem Kreidengrunde und einer darauf kommenden Vergoldung. Ja, selbst aus glattem Stroh hat man schon Brennspiegel verfertigt. Sehr bekannt sind die alten (vor länger als hundert Jahren aus Kupfer gemachten) Brennspiegel eines sächsischen Edelmanns, von Tschirnhausen, geworden, welche in einer Brennweite von 2 Ellen in einem Augenblicke Holz auf das heftigste entzündeten, Metalle schmolzen, Ziegel verglaseten, u. s. w. Die 30 Jahre später verfertigten ungemein großen Brennspiegel des Grafen von Büffon waren aus 168, mit Stanniol belegten, ebenen Glasspiegeln so zusammengesetzt, daß

sie einen Hohlspiegel von 200 Fuß Brennweite bildeten. Dieser Büffonsche Brennspiegel bewieß die Möglichkeit, daß auch der berühmte alte griechische Mathematiker Archimedes wohl einen Brennspiegel hatte verfertigen können, welcher auf eine Weite von 200 Schritten zündete, obgleich es nicht wahrscheinlich ist, daß er damit bei der Belagerung von Syrakus die Flotte des römischen Generals Marcellus in Brand setzte.

Wenn parallele Strahlen, nach geschehener Reflection, in einem Punkte vor der Spiegelfläche, dem Brennpunkte, zusammenkommen, so müssen umgekehrt Strahlen, welche von dem Brennpunkte eines Hohlspiegels ausgehen und die Spiegelfläche treffen, nach geschehener Zurückwerfung parallel sich fort erstrecken. Gesetzt, fb, fd, fh, fk, fm wären solche aus dem Brennpunkte f herkommende, in den Spiegel einfallende Strahlen, so würden diese nach geschehener Reflection (wenn man sich wieder den Reflectionswinkel gleich dem Einfallswin-

kel denkt) in der parallelen Richtung b a, d e, h g, k i und m l fortströmen.

Stellt man ein Paar Hohlspiegel, wie A B, Fig. 5., in einer Entfernung von 12 und mehr Fußen genau einander gegenüber und legt man in den Brennpunkt des einen (auf ein ganz dünnes Drahtgestelle) eine stark glühende Kohle, in den Brennpunkt des andern einen leicht entzündbaren Körper, z. B. ein Stück Zunder, so wird dieser bald in Brand gerathen. Denn die Strahlen von der glühenden Kohle, welche auf die Fläche des zugehörigen Spiegels fallen, werden von diesem so zurückgeworfen, daß sie parallel fortgehen. So treffen sie den zweiten Spiegel, in dessem Brennpunkte der Zunder u. dgl. enthalten ist. In diesem Spiegel werden sie so zurückgeworfen, daß sie sich in dem Brennpunkte desselben concentriren und den daselbst befindlichen Körper entzünden.

Der Convexspiegel ist gerade das Gegentheil von einem Brennspiegel. Statt daß

dieser die auf ihn fallenden Strahlen sammlet, so zerstreut jener sie. Bedeutet A B, Fig. 6. Taf. II., einen solchen erhabenen Spiegel und sind a b, c d, g h einige Strahlen, welche parallel auf ihn fallen, so werden diese Strahlen (wenn man wieder den Reflectionswinkel gleich dem Einfallswinkel annimmt) nach der Richtung b m, d n, h g zurückgeworfen. Die Strahlen, welche beim Einfallen in den Spiegel parallel waren, werden also nach der Reflection auseinander fahrend oder divergirend. Blos der in der Axe einfallende oder Perpendikulär-Strahl g h wird wieder in sich selbst zurückgeworfen.

Die in dem Convexspiegel, Fig. 6., nach der Reflection auseinanderfahrenden Strahlen b m, d n u. s. w. scheinen, wenn man sie sich verlängert gedenkt, von einem hinter der Spiegelfläche liegenden Punkte f herzukommen. Man nennt diesen Punkt den eingebildeten Brennpunkt oder negativen Brennpunkt, seine Entfernung f h von der Spie-

gelfläche die eingebildete oder negative Brennweite. Letztere ist dem halben Halbmesser des Spiegels oder derjenigen Kugel gleich, von welcher der Spiegel ein Stück ausmacht.

Wenn man einen Gegenstand vor den Brennpunkt, d. h. zwischen den Brennpunkt eines Hohlspiegels und die Spiegelfläche bringt, so sieht man ein vergrößertes Bild von diesem Gegenstande, und zwar hinter der Spiegelfläche in einer Entfernung, welche größer ist, als die wirkliche Entfernung des Gegenstandes vor der Spiegelfläche. Je näher man den Gegenstand an den Brennpunkt rückt, desto größer wird er. Kommt er in den Brennpunkt selbst, so verschwindet das Bild, oder man sieht blos ein unordentliches Gemisch von Lichtstrahlen. Rückt er aber noch weiter von der Spiegelfläche hinweg, hinter den Brennpunkt, so sieht man wieder ein Bild des Gegenstandes, aber ein verkehrtes, und zwar ein sogenanntes Luftbild. Denn dieses Bild

erscheint nicht mehr hinter der Spiegelfläche, sondern es schwebt vor derselben wirklich in der Luft. Auch dieses Luftbild ist größer als der Gegenstand, so lange dieser nahe am Brennpunkte des Spiegels sich befindet. Rückt der Gegenstand weiter vom Brennpunkte hinweg, so wird das Bild kleiner, und zwar immer kleiner und kleiner, je weiter er sich vom Spiegel entfernt.

Bringt man einen Gegenstand vor einen Convexspiegel, so sieht man hinter demselben ein verkleinertes Bild von dem Gegenstande. Dieses Bild scheint der Spiegelfläche näher zu seyn, als der Gegenstand selbst vor der Spiegelfläche ist. Es ist desto kleiner, je gewölbter der Spiegel ist, oder desto kleiner die Kugel ist, wovon der Spiegel ein Stück ausmacht. Bei einem und demselben Convexspiegel aber wird das Bild desto kleiner, je weiter der Gegenstand von dem Spiegel hinwegrückt.

Alle diese Erscheinungen lassen sich leicht

auf folgende Art erklären, wobei ich als Gegenstand (oder Object) immer einen Pfeil annehmen will.

Zuerst soll, mit Hülfe der Fig. 1. Taf. III., angenommen werden, der Pfeil AB befinde sich zwischen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche. Alle Strahlen von dem Pfeile, die auf die Spiegelfläche fallen, werden, wie immer, so zurückgeworfen, daß der Reflectionswinkel dem Einfallswinkel gleich ist, also der Strahl Am nach mp, der Strahl Ar nach rA, der Strahl Bn nach nq u. s. w. Das Auge, welches die zurückgeworfenen Strahlen empfängt, setzt nun auch hier wieder das Bild des Gegenstandes an die Stelle, wo die verlängert gedachten reflectirten Strahlen auszulaufen scheinen. Um diese Stelle zu finden, braucht man auch hier wieder nur von dem obersten und untersten Punkte des Pfeils ein Paar Strahlen als auffallend auf die Spiegelfläche anzunehmen, etwa einen schiefen und einen perpendikulären Strahl (wie es auch in

der Figur geschehen ist). Wo sich ein Paar solche verlängert gedachte Strahlen schneiden, bei a und bei b, da zeigt sich das Bild des obersten und untersten Punktes. Und eben hierdurch ist nun auch Lage und Größe des ganzen Bildes gegeben. So sieht man nun hier das Bild ab des Pfeils A B vergrößert und weiter von der Spiegelfläche hinweg, als der Pfeil A B selbst vor der Spiegelfläche steht.

Je näher der Pfeil an die Spiegelfläche rückt, desto mehr divergiren die zurückgeworfenen Strahlen, desto kleiner erscheint daher sein Bild, und desto näher rückt auch das Bild an die Spiegelfläche. Je weiter hingegen der Pfeil von der Spiegelfläche, nach dem Brennpunkte zu, entfernt wird, desto weniger divergiren die reflectirten Strahlen, desto größer wird das Bild, und desto weiter rückt es von der Spiegelfläche hinweg. Denn in jenem Falle schneiden sich die verlängert gedachten reflectirten Strahlen früher, in diesem Falle aber schneiden sie sich später; und

daß hierdurch die genannten Erscheinungen erfolgen müssen, ist leicht einzusehen. Kommt der Pfeil gar in den Brennpunkt selbst, so gehen manche seiner reflectirten Strahlen parallel fort und diese haben daher, verlängert gedacht, gar keinen Durchschnitt, und machen also auch gar kein Bild. Manche reflectirte Strahlen werden aber auch divergirend, manche convergirend. Folglich machen die reflectirten Strahlen gleichsam ein unordentliches Strahlen-Gemisch aus, und eben deswegen kann auch kein eigentliches Bild statt finden.

Rückt der Pfeil AB, Fig. 2. Taf. III., hinter den Brennpunkt, so kommt das Bild ab durch die Reflection der Lichtstrahlen vor die Spiegelfläche, aber in verkehrter Stellung und vergrößert, wie man in der Figur sieht. Denkt man sich nun wieder ein Paar Strahlen vom obersten und untersten Punkte des Pfeils auf die Spiegelfläche fallend, wie Am, Ad, Bn, Be, so werden diese, nach

geschehener Zurückwerfung, nicht hinter der Spiegelfläche vereinigt, wenn man sie sich verlängert gedenkt, sondern vor der Spiegelfläche; und zwar wird der Vereinigungspunkt der vom obersten Punkte A des Pfeils herkommenden und von der Spiegelfläche zurückgeworfenen Strahlen unten in a, der Vereinigungspunkt der von dem untersten Punkte B von der Spiegelfläche reflectirten Strahlen oben in b geschehen. Das Bild ab steht also, in Rücksicht auf den Gegenstand, verkehrt, und zwar vor der Spiegelfläche und vergrößert.

In den Punkten a und b ist wirklich die Summe der Lichttheile vereinigt, welche von den Punkten A und B des Pfeils auf die Spiegelfläche fielen und von demselben reflectirt wurden; und so auch zwischen a und b die Summe der übrigen Lichttheile von den zwischen den Punkten A und B des Pfeils herrührenden Lichtstrahlen. Also ist ab das Bild des Pfeils, und zwar ein wirkliches Bild,

oder Luftbild, welches man mit einer Fläche auffangen kann, während alle hinter einer Spiegelfläche gesehene Bilder nur eingebildete sind.

Wenn man den Pfeil noch weiter von dem Spiegel entfernt, so behält das Bild immer seine verkehrte Lage, wird aber immer kleiner und kleiner. Entfernt man ihn so weit, daß seine Größe gegen die Größe der Entfernung vom Spiegel gleichsam nur ein Punkt wird, so wird auch das nun in den Brennpunkt geworfene Bild nur ein Punkt. Denn nun kann man die von dem Pfeile auf die Spiegelfläche losgehenden Strahlen als parallel ansehen; und parallel in einen Hohlspiegel fallende Strahlen vereinigen sich ja, wie wir längst wissen, in dem Brennpunkte.

5) Luftbilder und Geistererscheinungen durch Hohlspiegel.

Unter den ernsthaftern Anwendungen, welche man von Hohlspiegeln macht, sind, ausser dem Gebrauch derselben zu Brennspiegeln, diejenigen zu Spiegelteleskopen (wovon

weiter unten die Rede seyn wird) besonders merkwürdig. Aber sehr wichtig ist auch ihr Gebrauch bei Beleuchtungen als Reflectoren oder Reverberen. Hier ~~bringt man~~ die Flamme eines Lichts in den Brennpunkt oder auch zwischen den Brennpunkt und die Spiegelfläche, je nachdem man wünscht, daß die zurückgeworfenen Strahlen parallel mit einander, oder divergirend fortgehen sollen.

Zu allerlei, oft höchst auffallenden, Belustigungen erzeugt man durch Hohlspiegel Luftbilder, die denjenigen Personen, welche nichts davon wissen, als Zaubereien vorkommen. Die Spiegel selbst, sowie die Gegenstände, wovon die Bilder herrühren, sucht man dabei dem Auge zu entziehen, damit weiter nichts, als die in der Luft schwebenden Bilder gesehen werden. Dies kann auf folgende Art geschehen.

Man richtet einen langen geräumigen, von Aussen und Innen ganz schwarz angestrichenen, inwendig auch wohl mit schwarzem Sammet

ausgeschlagenen Kasten so ein, daß man allerlei Objecte, z. B. hübsch gemalte und ausgeschnittene menschliche Figuren oder Karrikaturen, darin anbringen und einen guten Hohlspiegel bequem hineinstellen kann. Am besten läßt man einen solchen Kasten, der Länge nach, aus zwei mit einander communicirenden Theilen, einem hohen und einem niedrigern, bestehen, wie Fig. 3. Taf. III. In den einen stellt man den Hohlspiegel A, in dem andern bringt man durch eine Oeffnung der Decke m das Object B an. Natürlich muß die spiegelnde Fläche des erstern nach dem Gegenstande B hingekehrt seyn, und letzterer selbst muß, über dem Brennpunkt hinaus, verkehrt nach dem Spiegel hinsehen, damit sich das Luftbild aufrecht präsentire. Auch müssen ein Paar kleine Laternen so in den Kasten, etwa bei C, gestellt werden, daß sie den Gegenstand B erleuchten können, ohne den Spiegel zu erleuchten, und daß sie die von dem Gegenstande auf den Spiegel fallenden Strah-

len nicht aufhalten, sondern ungehindert zwischen sich vorbei lassen. Der Spiegel selbst ist so an ein Fußgestelle mit schwerer breiter Basis angebracht, daß er in dem Kasten, um größere oder kleinere Bilder zu erzeugen, hin und her gerückt, auch vermöge eines Charniers oder Gewindes bei p mehr oder weniger auf und nieder bewegt und in eine Stellung gebracht werden kann, worin er die von dem Gegenstande aufgefangenen Strahlen durch die Oeffnung D des Kastens herauswirft, um das Bild über m in freier Luft darzustellen.

Die Vorrichtung bei m zum Hineinbringen und Feststellen der Gegenstände, auch wohl zur Bewegung derselben unter m, wird Jeder leicht selbst angeben können. Sehr hübsch nehmen sich Blumensträuße bei B aus, deren Bild sich über m (mehr oder weniger von dem Punkte m rechts oder links hinweg) in der Luft präsentiren. Man kann auf den Kasten bei m ein Glas Wasser stellen und den Spiegel so lange hin und her rücken, so wie auf und nie-

der

der bewegen, daß das Bild sich genau über dem Glase Wasser zeigt. Man glaubt dann, der Blumenstrauß steige aus dem Glase Wasser hervor. Alle Farben der Blumen präsentiren sich in der Luft auf das Lebhafteste.

Man kann das Gesicht, die Hand, ein Blatt Papier u. dgl. in das Luftbild bringen, und dann werden diese Theile durch das Bild erleuchtet, und zwar mit allen dem Bilde eigenthümlichen Farben. Ein Beweiß, daß das, was man sieht, wirklich etwas in der Luft Vorhandenes ist.

Manche sogenannte Geister-Erscheinungen, und zwar gerade diejenigen, welche unter allen Methoden, Geister zu produciren, die überraschendsten und auffallendsten sind, werden durch große (freilich kostspielige) Hohlspiegel hervorgebracht. Wenn man zwei Hohlspiegel von großer Brennweite und von großer Breite hat, so kann man diese, etwa in einem versteckten Zimmer, so stellen, daß das Bild eines lebendigen Menschen, mit allen

Bewegungen, die dieser macht, in die Luft, und zwar an jede beliebige Stelle derselben, geworfen wird. Stellt sich der Mensch hinter den Brennpunkt des einen Spiegels, so erzeugt letzterer ein verkehrtes Bild des Menschen. Dieses verkehrte Bild fängt der andere Spiegel auf, welcher es wieder aufrecht macht und an den bestimmten Ort weiter wirft.

So hat man schon des Nachts aus Häusern, worin die Hohlspiegel aufgestellt waren, Luftbilder, in allerlei schreckhaften Gestalten, auf Kirchhöfe und an andere Plätze hingeworfen, wodurch sogar aufgeklärte Menschen in Furcht gesetzt wurden. Denn die Gestalten spazirten als Geister auf Gräbern herum, stiegen als solche aus der Erde hervor, verschwanden auf allerlei Weise, und wenn man darauf losging, so konnte man sie nicht greifen, sondern durch sie, wie durch einen Schatten oder wie durch einen hellen Nebel, hindurchgehen.

Da bei den sphärischen Hohlspiegeln nur diejenigen Strahlen einerlei Vereinigungs-

punkt haben, welche gleich weit von der Axe einfallen, so müssen solche Spiegel auch mehr als ein Bild hervorbringen. Unter diesen Bildern ist das eine, welches die nahe an der Axe einfallenden Strahlen erzeugen, das Hauptbild. Die übrigen Bilder sind Nebenbilder, welche die Wirkung des Hauptbildes auf eine oft unangenehme Weise stören, oder eine Undeutlichkeit des Hauptbildes veranlassen. Diese, wegen der Kugelgestalt des Spiegels entstehende, Undeutlichkeit sucht man dadurch zu vermindern, daß man den Spiegel nur wenige Grade fassen, d. h. ihn ein kleines Stück einer großen Kugelfläche seyn läßt, oder daß man seinen Rand mit einer schwarzen Einfassung, mit einer sogenannten Blendung versieht. — Gute parabolische Spiegel, und zwar Metallspiegel, haben jene Unvollkommenheit nicht an sich.

Die Eigenschaft der Convexspiegel, daß sie von allen Gegenständen verkleinerte Bilder darstellen, wird Fig. 4. erklären, wo

als Gegenstand wieder ein Pfeil AB angenommen ist. Ad und Ar sind ein Paar Strahlen von dem obersten, und Be, Bf von dem untersten Punkte des Pfeils. (Beide können wieder ein schiefer und ein perpendikulärer Strahl seyn.) Auch hier werden, wie immer, die Strahlen von der Spiegelfläche so zurückgeworfen, daß die Reflectionswinkel den Einfallswinkeln gleich sind. Der Strahl Ad wird also zurückgeworfen nach dp, der Strahl Ar nach rA, der Strahl Be nach eq, der Strahl Bf nach fB. Denkt man sich die zurückgeworfenen Strahlen verlängert, so schneiden sich diejenigen von dem obersten Punkte des Pfeils AB in a, des untersten in b, folglich wird ab das Bild des Pfeils seyn. Dies ist kleiner, als der Pfeil selbst, liegt immer hinter der Spiegelfläche, und ist der Spiegelfläche näher, als der Pfeil selbst vor derselben sich befindet.

Rückt man den Pfeil weiter hinweg, so wird sein Bild immer kleiner; und hat, bei

einerlei Entfernung des Pfeils vom Spiegel, der letztere eine stärkere Rundung, d. h. gehört er einer Kugel von kleinerem Durchmesser zu, so ist das Bild auch kleiner, und zwar um desto kleiner, je kleiner der Durchmesser der Kugel ist, wovon der Spiegel ein Stück ausmacht. An Thermometerkugeln und ähnlichen ganz kleinen Kugeln, welche spiegeln, sieht man daher immer sehr kleine Bilder.

6) Darstellung von verzerrten Bildern in Spiegeln und katoptrische Verwandlungen.

Wenn nun ebene Spiegel stets Bilder machen, welche dieselbe Größe, wie die Gegenstände, wovon sie herrühren, selbst haben, Hohlspiegel hingegen in der Nähe vergrößerte, Convexspiegel verkleinerte Bilder, so kann man leicht einsehen, was es mit den Bildern für eine Beschaffenheit haben werde, wenn die Spiegel aus gemischten Flächen, ebenen und krummen, bestehen. Sie können dann natürlich nur verzerrte Bilder liefern. Dies ist bei

den gemeinen ebenen Spiegeln der Fall, wenn sie nicht genau eben geschliffen sind. Menschen, die sich darin besehen, haben dann schiefe Gesichter.

So ist es auch mit den Cylinderspiegeln und Kegelspiegeln (metallenen Cylindern und Kegeln, deren krumme Seitenfläche glatt und blank ist). Diese zeigen von allen Gegenständen sehr verzerrte Bilder. Sie sind anzusehen, als Spiegel von gemischten Flächen. Ihrer Länge oder ihren Seiten nach kann man in der krummen Seitenfläche des Cylinders und Kegels gerade Linien ziehen; in dieser Richtung wirken sie also wie ebene Spiegel. Um sie herum aber sind die Linien, welche man in derselben Seitenfläche ziehen kann, Kreislinien; in dieser Richtung wirken sie also wie Convexspiegel. Da sie also nach der Längenrichtung dem Bilde die natürliche Größe des Gegenstandes lassen, nach der Querrichtung aber es verkleinern, und zwar um so mehr, je dünner Cylinder und Kegel ist, so

muß das Bild ganz schmal und zusammengezogen, folglich sehr verzerrt ausfallen, am meisten verzerrt im Kegelspiegel, weil die Kreise um denselben herum, nach der Spitze zu, immer kleiner und kleiner werden, folglich hier als eine Menge immer kleinerer und kleinerer Convexspiegel wirken.

Man gebraucht die Cylinderspiegel und Kegelspiegel zu denjenigen optischen Belustigungen, welche katoptrische Anamorphosen oder katoptrische Verwandlungen *) genannt werden. Nach der Art, wie die Bilder von Gegenständen durch jene Spiegel verzerrt werden, macht man verzerrte, oft ganz unkenntliche Gemälde so, daß sie in den Spiegeln als Bilder ganz ordentlich erscheinen und dem Auge allerlei regelmäßige Gegenstände darstellen.

---

*) Die Lehre von der Reflection der Lichtstrahlen führt den Namen Katoptrik.

Drittes Kapitel.

Die Brechung des Lichts und die Lehre von den einfachen Gläsern.

Durchsichtige Körper, wie Luft, Wasser, Glas, Edelsteine rc. sind solche, welche die Lichtstrahlen durch sich hindurchlassen. Fährt ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes ungleichartiges, ihn stärker oder schwächer anziehendes über, z. B. aus einem dünneren in ein dichteres (etwa aus Luft in Glas, oder in Wasser), so wird er in den meisten Fällen von seiner Richtung abgelenkt, nämlich dann wird er davon abgelenkt, wenn er mit der Oberfläche des neuen Mittels einen spitzigen Winkel macht. Nur wenn er unter einem rechten Winkel in dasselbe eindringt, behält er seine (perpendikuläre) Richtung bei. — Eine Ablenkung des Lichtstrahls von seiner Richtung, wie jene, wird

Brechung oder Refraction genannt. Die Wissenschaft von der Brechung der Lichtstrahlen führt den Namen Dioptrik.

Gesetzt ab, Fig. 5. Taf. III., wäre die Oberfläche eines durchsichtigen Mittels (z. B. eines Glaskörpers), cd wäre ein in dasselbe unter einem spitzigen Winkel einfallender Lichtstrahl. Weil nun jenes Mittel diesen Lichtstrahl stärker oder schwächer zieht, als dasjenige, woraus er herbeischoß, so kann er beim Eindringen in das neue Mittel nicht in derselben Richtung cde fortgehen, sondern er wird von dieser Richtung abgelenkt, und zwar nimmt er entweder den Weg df oder di. Wenn nämlich das neue Mittel, wovon ab die Oberfläche ist, ihn stärker zieht, so wird er nach dem Perpendikel gh hin gebrochen, welches man durch den Einfallspunkt d zieht oder gezogen sich denkt; er nimmt also dann den Weg df in dem neuen Mittel. Zieht es ihn aber schwächer, so wird er von dem Perpendikel hinweg gebrochen; und

dann nimmt er den Weg di. Jenes ist z. B. der Fall, wenn er aus Luft in Glas oder in Wasser; dieses, wenn er aus Glas oder aus Wasser in die Luft eindringt.

Den Winkel adc oder hde, welchen der einfallende Strahl cd mit der Oberfläche des brechenden Mittels macht, wird Einfallswinkel oder Neigungswinkel, das Perpendikel gd oder gh wird Einfallsloth oder Neigungsloth, der Winkel hde, welchen der gebrochene Strahl df, oder auch di, mit dem Perpendikel macht, Brechungswinkel, der Winkel fde aber, oder auch ide, welchen der gebrochene Strahl mit de, der Richtung des einfallenden Strahls, macht, gebrochener Winkel genannt.

Eine solche Brechung macht folgender Versuch deutlich. Wenn man in ein leeres, aus einer undurchsichtigen Materie verfertigtes (etwa irdenes oder metallenes) Gefäß Licht etwas schief einfallen läßt, so wird die dem Lichte entgegengesetzte Wand einen Schatten

auf den Boden werfen. Die Gränze des Schattens merke man sich durch einen Strich. Füllt man nun das Gefäß, ohne es zu bewegen, mit Wasser, so wird der Schatten verkürzt erscheinen, folglich wird die Gränze desselben der dunkeln Seitenwand des Gefäßes näher rücken. Dies rührt natürlich davon her, daß die Lichtstrahlen gleichsam weiter in das Gefäß hinein gebogen wurden, als sie in das Wasser fuhren, und dann einen größern Theil des inneren Raumes erleuchteten, als vorher, da noch kein Wasser in dem Gefäße war.

Die Fähigkeit der verschiedenen Mittel, die Strahlen zu brechen, steht nicht blos mit ihrer Dichtigkeit, sondern auch mit dem Grade ihrer positiv elektrisch-chemischen Natur (ihrer Brennbarkeit) im Verhältniß. Daher kann auch ein lockereres Mittel den Lichtstrahl stärker brechen, als ein dichteres, wenn die Brennbarkeit des ersteren größer ist, als des letzteren. So bricht Terpentinöhl und Leinöhl den Lichtstrahl stärker, als Wasser. So bricht

Bleiglas ihn stärker, als Natronglas. Aber Glas überhaupt bricht ihn stärker, als Wasser. Gemeine atmosphärische Luft bricht ihn stärker, als verdünnte Luft (z. B. unter der Glocke der Luftpumpe). Das Wasserstoffgas oder die brennbare Luft hat im Verhältniß zu seiner Dichtigkeit unter allen durchsichtigen Körpern das größte, der Diamant hat ein sehr großes, das Sauerstoffgas (die reine Lebensluft) das geringste Brechungsvermögen. — Uebrigens beträgt in gewöhnlichem Glase die Brechung ohngefähr $\frac{1}{3}$, im Wasser $\frac{1}{4}$ des Neigungswinkels, wenn letzterer etwa einen halben rechten Winkel oder 45 Grade ausmacht. Je schiefer der Strahl auffällt, desto mehr wird er auch gebrochen.

Denkt man sich an den Theilchen der brechenden Körper Kräfte wirksam, welche die Lichttheilchen anziehen, so kann man die Erscheinung des Brechens der Lichtstrahlen sehr leicht erklären. Der Lichtstrahl c d, Fig. 5., ist an derjenigen Stelle, wo er mit der bre-

chenden Fläche a d einen spitzigen Winkel macht, dieser Fläche, folglich auch den anziehenden Theilchen derselben, näher, als nach der andern Seite d b zu, wo er mit ihr den stumpfen Winkel bildet; er wird daher nach jener Seite zu von seiner Richtung abgelenkt. Je spitziger nun der Einfallswinkel ist, desto näher ist er den anziehenden Theilchen, desto stärker können diese auf ihn wirken, desto mehr wird er gebrochen. Fällt er perpendikulär, z. B. in der Richtung g d ein, so kann er nicht gebrochen werden. Alsdann ist er nämlich überall gleich weit von der brechenden Fläche entfernt, folglich wirken dann alle anziehende Theilchen rings um ihn herum gleich stark auf ihn, und eben deswegen kann er nach keiner Seite zu hingezogen werden.

Da die anziehende Kraft der Körpertheilchen immer schon auf eine kleine Entfernung hin wirkt, so muß die Ablenkung des Lichtstrahls durch die anziehende Kraft der Körpertheilchen schon anfangen, sobald der Strahl

in die Anziehungssphäre des brechenden Körpers gelangt. Und da ferner die Anziehung in der Nähe des Körpers zunimmt, so muß der Strahl eigentlich in einer krummen Linie in die neue Richtung hineingelenkt werden.

Je dichter ein gewisses Mittel ist, durch welches ein Lichtstrahl dringt, desto stärker bricht dieser sich darin. Denn eine größere Dichtigkeit zeugt von einer größern Summe von materiellen Theilchen; und an einer größern Summe von Theilchen ist auch eine größere Summe von anziehenden Kräften wirksam, die den Strahl von seiner Richtung ablenken. So wird der Lichtstrahl in einer dichtern atmosphärischen Luft stärker gebrochen, als in einer dünnern.

Denkt man sich die ganze um unsere Erde herum liegende Atmosphäre, der Höhe nach, in mehrere Schichten getheilt, so ist die unterste Luftschicht die dichteste; die zweite, nach oben zu, ist weniger dicht; die dritte noch weniger dicht rc.; die oberste ist die lockerste.

Der Sonnenstrahl, welcher schief in die Atmosphäre dringt, wird in der obersten Luftschicht gebrochen, in der zweiten noch mehr, in der dritten wieder mehr ꝛc., in der untersten am meisten. Da es nun der Luftschichten von zunehmender Dichtigkeit sehr viele giebt, so wird der Lichtstrahl kurz hinter einander immer mehr und mehr gebrochen, folglich kommt er eigentlich in einer krummen Linie zur Erde herab.

1) Allerlei kleinere Erscheinungen auf der Erde, welche von der Brechung der Lichtstrahlen herrühren.

Die Strahlenbrechung ist Ursache, daß wir manche Gegenstände an einer ganz andern Stelle, oft sogar von einer andern Gestalt sehen, als wir sie ohne dieselbe sehen würden. Sie ist aber auch Ursache, daß wir manche Gegenstände wahrnehmen, welche ohne Brechung der Lichtstrahlen unsern Augen nicht sichtbar seyn würden.

So scheint uns ein unter Wasser befindlicher Körper immer näher nach der Oberflä-

che des Wassers zu liegen, als er wirklich liegt. Fische setzen wir der Oberfläche des Wassers immer näher, als sie wirklich sind; und jedes klare Wasser, worin man den Grund sieht, halten wir für nicht so tief, als es wirklich ist. Fig. 6. wird dies näher erläutern.

Man lege in ein undurchsichtiges (metallenes oder irdenes) leeres Gefäß, Fig. 6., irgend einen kleinen Körper, z. B. eine kleine Münze c. Alsdann gehe man so weit zurück, bis man die Münze nicht mehr sieht, etwa in die Gegend bei d. Läßt man nun von einer andern Person Wasser in das Gefäß gießen, so wird die Münze bald sichtbar werden und der ganze Boden des Gefäßes scheinen, sich gehoben zu haben. Der äusserste von der Münze in die Höhe fahrende Strahl ist c b. Dieser ging, ehe Wasser in das Gefäß kam, in derselben Richtung nach b a fort, gelangte also nicht in das Auge des bei d stehenden Menschen. Als aber Wasser in das Gefäß gegossen wurde, da brach sich der Strahl beim

beim Ausgange aus Wasser in Luft nach der Richtung b d und gelangte so in das Auge des Beobachters. Diesem schien nun die Münze in der Gegend von e zu liegen, und zwar (sammt allen sichtbaren Theilen des Gefäß-Bodens) höher. Denn wir setzen immer einen Gegenstand, den wir sehen, in die Gegend, aus welcher der ins Auge fallende Strahl herzukommen scheint.

Ein ins Wasser gehaltener Stab sieht dem Auge wie gebrochen aus; und ein Finger (oder auch ein Stab) in ein Glas Wasser getaucht und von der Seite betrachtet erscheint doppelt. Auch diese Erscheinungen kann man sich leicht aus der Brechung der Lichtstrahlen erklären. Nämlich Strahlen von dem über dem Wasser befindlichen Theile des Stockes oder Fingers treffen in derselben Richtung das Auge, nach welcher sie ausgingen. Die ursprüngliche Richtung derjenigen Strahlen aber, welche von den unter Wasser liegenden Theilen des Stocks oder Fingers kommen, wird

durch die Brechung aus Wasser in Luft abgeändert. Da also Strahlen, die nach einerlei Richtung von einem und demselben Stocke oder Finger ausgehen, nach zwei verschiedenen Richtungen ins Auge gelangen, so muß man wohl einen Theil des Stocks oder Fingers an dieser, den andern an jener Stelle sehen, folglich muß der ganze Stock oder Finger entweder gebrochen oder doppelt erscheinen.

2) Größere, sehr merkwürdige, durch Brechung der Lichtstrahlen veranlaßte Erscheinungen.

Vermöge der Strahlenbrechung sehen wir die Sonne des Morgens 3 bis 4 Minuten früher, ehe sie wirklich aufgegangen ist, aber auch noch 3 bis 4 Minuten länger, nachdem sie wirklich untergegangen ist. Könnten wir in dem Augenblicke, wo wir die Sonne des Morgens eben über dem Horizonte sehen, oder wo wir sie des Abends nahe am Horizonte wahrnehmen, alle atmosphärische Luft hin-

wegzaubern, so würde die Sonne schnell unter den Horizont hinabsinken.

Wenn nämlich unsere atmosphärische Luft nicht da wäre, so würden alle nach unserer Erde hinschießenden Sonnenstrahlen ihre anfängliche Richtung beibehalten. Stände daher die Sonne unter dem Horizonte nahe am Rande desselben, so würden die Strahlen am Rande hin und über unsern Augen hinweg schießen. Weil aber die Luft da ist, so werden sie beim Eingange in die Luft so gebrochen, daß sie sich nach uns hinneigen. Sie kommen in immer dichtere und dichtere Luftschichten, werden also wiederholt gebrochen, und zwar immer so, daß sie sich immer näher nach unserm Auge hinbiegen. Sie gelangen also eigentlich, wegen dieser oft wiederholten Brechung, in einer krummen Linie zu unserm Auge. Dadurch wächst ihre Höhe am Himmel so weit, daß wir sie schon über dem Horizonte erblicken.

So wie es mit der Sonne ist, so ist es

auch mit den übrigen Himmelskörpern, welche wir auf- und untergehen sehen. Man nennt diese Brechung die astronomische Strahlenbrechung.

Leicht ist es nun auch einzusehen, daß wegen dieser Strahlenbrechung die Sonne, der Mond und alle Sterne höher am Himmel zu stehen scheinen, als sie wirklich daran stehen. Denken wir uns von einem Himmelskörper den letzten in unser Auge fallenden Theil eines mehrmals nach uns hin gelenkten Strahls bis an das Himmelsgewölbe verlängert, so wird derselbe auf einen Punkt des Himmelsgewölbes treffen, der höher liegt, als die Stelle, wo der Himmelskörper sich wirklich befindet.

Am Horizonte ist die Brechung freilich am stärksten. Je näher die Himmelskörper am Horizonte stehen, desto höher erscheinen sie über dem Horizonte, als sie wirklich sind. Je näher sie über unserm Scheitel stehen, desto weniger verändert die Strahlenbrechung ihren wahren Ort. Natürlich wird durch dieselbe

Erscheinung auch ihre Entfernung von einander abgeändert. Wirklich erschwert die Veränderlichkeit der astronomischen Strahlenbrechung in der Luft manche astronomische Bestimmung (ja selbst manche Messung auf der Erde). Daher müssen die Sternkundigen diese Brechuug für jede Höhe eines Himmelskörpers wissen, um den wahren Ort des Himmelskörpers stets richtig zu bestimmen.

Der senkrechte Durchmesser der Sonne und des Mondes, so wie er uns ins Auge fällt, wird durch die Brechung mehr verkürzt, als der waagrechte. Daher sehen diese Himmelskörper am Horizonte länglicht rund (oder elliptisch) aus, besonders des Morgens, wenn ihre Strahlen durch eine kältere, dichtere und feuchtere Luft mehr gebrochen werden, als zu einer andern Tageszeit. — In der Regel ist die Brechung auch im Winter größer, als im Sommer.

Das Blinkern der Fixsterne rührt gleichfalls von der brechenden Kraft der Luft

und von der zitternden Bewegung der Dünste her, die sich in der Luft befinden. In der reinern Luft der Morgenländer blinkern die Fixsterne nicht. Die Planeten aber blinkern nie, weil das erborgte Licht, womit sie leuchten, viel schwächer ist, als das Fixsternenlicht.

Ohne Brechung und daraus folgender Zerstreuung der Lichtstrahlen könnte es keine Dämmerung geben. Wenn die Sonne eben untergegangen ist, und selbst noch einige Zeit nachher, bleibt es wegen der Abenddämmerung immer noch so hell, daß wir die Sterne nicht sogleich erblicken. Die Ursache hiervon, sowie auch von der Morgendämmerung (welche vor Aufgang der Sonne dieselbe Erscheinung bewirkt) ist die Brechung der Sonnenstrahlen in unserer Atmosphäre, wodurch immer noch Strahlen genug über dem Horizonte bleiben, welche nach uns hinkommen. Könnten wir wieder gleich nach Untergange der Sonne, oder auch vor Aufgange derselben, die Atmosphäre hinwegblasen, so

würde über dem Horizonte sogleich Alles in tiefste Dunkelheit fallen.

In Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit entstehen nahe an der Erde durch die Brechung der Lichtstrahlen (zuweilen auch wohl vereint mit der Zurückwerfung derselben) diejenigen höchst merkwürdigen Erscheinungen, welche Luftspiegelungen, Erhebungen, Seegesichter, Feenbilder (Fata Morgana) rc. genannt werden. Demjenigen, welcher diese Erscheinungen noch nicht sah, gewähren sie die höchste Ueberraschung und den seltsamsten Anblick. Nicht selten haben sie auch schon zu schreckhaften Auftritten und zu mancherlei Aberglauben Anlaß gegeben.

In weiten Ebenen erscheint nämlich bisweilen ein entfernter Gegenstand, z. B. ein Thurm, ein Haus, ein ganzes Dorf, eine ganze Stadt, ja eine ganze Insel mit allen darauf befindlichen Gegenständen rc. doppelt, meistens hoch in der Luft. So bemerkt man an den schwedischen Küsten oft die wunderbarsten Erschei-

nungen von dieser Art. Es werden da nämlich Land oder Wasser, die ein undurchsichtiger Körper, z. B. ein Berg, dem entfernten Auge verbirgt, auf einmal hoch in der Luft sichtbar. Weit abgelegene Inseln, Klippen und Wälder scheinen sich über das Wasser zu erheben und wie auf Gittern zu stehen. Gegenden, die von Bergen und Waldungen völlig bedeckt sind, und durch die besten Fernröhre nicht gesehen werden können, werden zu gewissen Zeiten durch die Erhebung sichtbar, bisweilen sogar die niedrige Klippe, worauf der Gegenstand steht, den man sieht. Das Sonderbarste bei dieser Erscheinung ist, daß alle Gegenstände, welche doch von sehr verschiedener Größe sind, bei der Erhebung von einerlei Größe zu seyn scheinen. So scheinen z. B. Klippen von 5 Fuß hoch, und andere von 50 Fuß hoch eine und dieselbe Höhe zu haben.

Obgleich die meisten Luftspiegelungen sich dem Auge verkehrt darstellen, das Oberste zu

unterst gekehrt, so ist dies doch bei jenen schwedischen nicht der Fall. Denn diese zeigen sich insgesammt aufrecht.

Die stärksten Erhebungen in jenen Gegenden finden zu Anfange des Frühlings statt, oder wenn das Eis auf dem Meere losgegangen ist. Bei der Sommerhitze werden sie undeutlicher; gegen den Herbst verbessern sie sich. Kälte, Hitze, Wind und Nebel hindern für sich diese Erscheinung. Erfolgt Wind, so sehen die Erhebungen aus, wie auf- und niederwärts gekehrte Tannenwälder, die sich spalten, die wanken, zittern und allmählig verschwinden. Des Morgens und Abends, wenn die Sonne nicht weit über dem Horizonte ist, sieht man die Erhebungen am kräftigsten.

Besonders deutlich sind manche Frühlings-Erhebungen. Diese sieht man oft auf 7 bis 8 schwedische Meilen, wie im hellsten Spiegel. Wälder, Berge, Häuser, Menschen, Thiere ꝛc., die sich in der Luft abbilden, selbst Rauch aus den Schornsteinen, behalten

die feinsten Merkmale, wie sie wirklich in der Natur sind.

Deutlich zeigt sich auf der See oft Land, welches wieder verschwindet, sich abermals zeigt, von neuem verschwindet, u. s. w. Diese merkwürdige Erscheinung ist den Schiffsleuten unter dem Namen Seegesicht bekannt. Sie zeigt sich nie hoch in der Luft, sondern immer nahe an der Meeres-Oberfläche. Oft sieht man an der schwedischen Küste vom Lande aus Landspitzen in der See liegen. Man hält sie für wirkliches Land, geht hinzu und findet es auf einmal verschwunden. Auf dieselbe Art sieht man oft Berge und Büsche am Strande, wo man, wenn man hinzu geht, keine findet. — Gewöhnlich deutet ein solches Seegesicht auf Sturm.

Die Seespiegelung in der Meerenge zwischen Calabrien und Sicilien ist schon lange berühmt und hat schon oft, trotz ihrer höchst unschuldigen und unschädlichen Natur, Furcht und Schrecken unter den dortigen Menschen

verbreitet. Bei warmen Frühlingstagen nämlich zeigen sich da eine Menge Säulen, Festungen, Schlösser, Waldungen, Menschen, Viehheerden u. dgl. in der Luft. Die Entstehung dieses Phänomens ist dieselbe, wie bei andern Erhebungen.

In Unter-Aegypten hat die französische Armee manche auffallende Erhebungen beobachtet. Die wenigen Dörfer, welche sich in den weiten Ebenen jenes Landes befinden, schienen oft wie Inseln über einem See zu schweben, aber auch zugleich in dem Wasser sich zu spiegeln. In manchen ägyptischen Sandwüsten sieht man dies Phänomen täglich.

Der bekannte dänische Gelehrte Niebuhr welcher vor geraumer Zeit in Arabien herum reiste (und diese seine Reise auch beschrieb) wurde bei Sues am rothen Meere und an vielen andern Stellen auf großen Sandhaiden durch solche Erscheinungen oft aufs Höchste überrascht. So sah er z. B. einen Araber doppelt; einmal sah er ihn auf seinem Kameel

wirklich auf der Erde, und dann zugleich noch höher als eine Kirche in freier Luft herum reiten.

Sogar haben Menschen schon ihre eigenen Gestalten in der Luft herum spazieren gesehen. Dies wiederfuhr unter andern den französischen Mathematikern de la Condamine, Godin und Bouguer im Jahr 1735 in Peru, wo sie zur richtigen Bestimmung der Figur unseres Erdballs merkwürdige Messungen (Gradmessungen) anstellten. So sah auch vor mehreren Jahren der Consistorialrath Silberschlag aus Berlin auf dem Brocken den Berg sammt Haus und Personen in der Luft, und zwar verkehrt, abgebildet.

Wenn wir auch längst wissen, wie, durch Brechung der Lichtstrahlen, die letzteren auf einem krummen Wege zu uns gelangen, folglich auch dann unser Auge treffen können, wenn zwischen dem Auge und den Gegenständen, wovon die Strahlen herrühren, Berge und andere undurchsichtige Erhabenheiten sich befinden, und wenn wir auch schon aus der Leh-

re von den Spiegeln erfahren haben, daß durch diese Instrumente, und zwar durch Hohlspiegel, Luftbilder dargestellt werden können, so möchte doch wohl folgende Erklärung alles noch deutlicher machen.

Gesetzt, a b Fig. 1. Taf. IV. sey die Oberfläche der Erde, c d ein sichtbarer Gegenstand (z. B. ein Thurm) und in o befinde sich das Auge eines Beobachters. Ferner nehme man an, über m n sey eine dichtere, unter m n eine dünnere, durch die Hitze des von der Sonne beschienenen Sandbodens ausgedehnte Luft. Das Auge sieht nun zuerst den Gegenstand c d mittelst der Strahlen c o, n o und den dazwischen liegenden. Unter letzteren giebt es auch solche, welche sehr schief auf m n fallen, und daher in die Luft über m n zurückgehen. Wäre nun m n eine scharfe Scheidungsfläche, so würde der Strahl c r so zurückgeworfen werden, daß die Winkel c r n und c r m einander gleich wären. Freilich giebt es in der Luft keine solche Scheidungsebene; indessen

kann doch die Wirkung im Ganzen dieselbe seyn. Der Strahl kann nämlich in seiner Richtung allmählig abgelenkt werden und daher eine krumme Linie c r' o beschreiben. Alsdann wird das Auge den Punkt c auch nach der Richtung o r sehen, und eben deswegen wird c dem Auge in c' erscheinen, der Punkt n in n. Die Zwischenpunkte erblickt daher das Auge zwischen c' und n. Es giebt also ausser dem wirklichen Gegenstande noch ein umgekehrtes Bild.

Je nachdem die Luftschichten verschieden erwärmt sind, folglich eine verschiedene Dichtigkeit besitzen, je nachdem kann das Phänomen auch mancherlei Abänderungen erleiden. Durch eine leise Bewegung der Luft wanken und zittern die Bilder. — In der That ist der Physiker auch im Stande, durch vorsichtige Verbindungen verschiedener durchsichtiger tropfbarer Flüssigkeiten (z. B. des Wassers und der Schwefelsäure) diese Erscheinung im Kleinen nachzuahmen.

Es rühren ja auch noch manche andere Lufterscheinungen, z. B. die sogenannten Heiligenscheine um Lichtern, die Höfe um Sonne und Mond, die Regenbögen, die Nebensonnen und Nebenmonde, von der Brechung der Lichtstrahlen in wässerigen Dünsten, in Regentropfen, in kleinen Eistheilchen, welche in der Luft umherschwimmern, u. dgl. her! Bei manchen dieser Erscheinungen, wie z. B. bei Regenbogen, wirkt die Zurückwerfung der Lichtstrahlen vereint mit der Brechung, ohne welche Vereinigung wir manches Phänomen nicht wahrnehmen würden.

2) Erscheinung in einfachen, geschliffenen oder auf andere Weise geformten Gläsern, namentlich den Linsengläsern.

Der Erfolg der Brechung in Gläsern (so wie in andern durchsichtigen Mitteln) ist sehr verschieden, je nachdem die Gränzflächen derselben gerade, oder mehr und weniger gekrümmt sind. Fahren zwei mit einander parallele

Strahlen a b und c d, Fig. 2. Taf. IV., in ein Glas, dessen brechende Fläche eben ist, so bleiben die Strahlen auch nach der Brechung parallel. Fahren ferner die gebrochenen Strahlen e f und g h wieder aus einer Fläche des Glases heraus, die gleichfalls eben und mit jener Fläche, in welche die Strahlen eindrangen, parallel ist, so bleiben auch die ausfahrenden Strahlen f i und h k einander und den einfahrenden a b und c d parallel.

Hieraus ergiebt sich leicht der Grund, warum ebene Gläser, deren Flächen parallel mit einander sind, z. B. Fensterscheiben, alle Gegenstände, welche man durch dieselben ansieht, eben so präsentiren, als wenn man sie ohne Glas betrachtete.

Anders ist die Erscheinung, wenn die brechenden Ebenen, welche das Glas begränzen, einander nicht parallel sind. Ein solches Glas ist, im Querdurchschnitt, Fig. 3. Taf. IV. dargestellt. Es bildet so ein Dreieck, dessen Seiten begreiflich nicht parallel seyn können.

Fal-

Fallen drei parallele Strahlen a b, c d und e f in die eine Ebene dieses Glases, so sind die (nach dem Perpendikel zu) gebrochenen Strahlen b g, d h und f i noch mit einander parallel. Sie bleiben dies aber nicht beim Ausgange, wo sie vom Perpendikel hinweggebrochen werden. Sie nehmen nach dem Ausgange aus dem Glase die Richtung g k, h l und i m, werden also dann convergirend oder zusammenfahrend.

Bei den sogenannten dioptrischen Anamorphosen oder dioptrischen Verwandlungen ist in einer Röhre ein Glas eingeschlossen, dessen eine (nach Gegenständen hingekehrte) Seite eine ebene Fläche, die andere (nach dem Auge eines Beobachters hingewendete) Seite aber eine aus vier oder mehr ebenen Flächen bestehende niedrige Pyramide ausmacht. Bilder sind, nach gewißen Regeln, an der Kante eines viereckigten Papiers rings herum so auseinander gezerrt und dadurch ganz unkenntlich gezeichnet, daß, wenn man sie un-

ter jenes Glas schiebt, das Auge sie unter der Axe des Rohrs und in der Mitte des Papiers als ordentliche Zeichnungen sieht. Das pyramidenförmige Glas hat sie dann (nach Fig. 3.) zusammengezogen. Das kleine Bildchen, das sich zur Täuschung gewöhnlich in der Mitte des Papiers befindet, ist dadurch unsichtbar geworden, indem es von jenen zusammengezogenen Randzeichnungen gleichsam bedeckt wird.

Man hat auch geschliffene Gläser mit vielen nach verschiedenen Richtungen hin liegenden Flächen auf einer oder auf beiden Seiten (sogenannte polyedrische Gläser oder Rautengläser), welche Gegenstände, die man dadurch ansieht, so viele Mal vervielfältigen, als das Glas Flächen hat. Denn aus jeder Fläche kommen die Strahlen nach andern Richtungen ins Auge; daher stellt jede Fläche ein eignes Bild von dem Gegenstande dar.

Viel interessanter und von der höchsten

Nutzbarkeit sind die linsenförmig geschliffenen Gläser oder Linsengläser, Glaslinsen, Lupen, theils als Brenngläser, theils als Vergrößerungsgläser (Mikroskope), theils als Gläser zur Unterstützung eines fehlerhaften Auges (Brillengläser), theils als Ferngläser oder Gläser in Fernröhren.

Wenn nämlich Lichtstrahlen in einem Glase aus- und einfahren, dessen brechende Flächen krumm sind, so können die ausfahrenden Strahlen nicht mit den einfahrenden parallel seyn. Sind die brechenden Flächen erhaben, so müssen die ausfahrenden Strahlen näher zusammenkommen oder convergiren; sind sie hohl oder vertieft, so müssen die ausfahrenden Strahlen weiter auseinander gehen oder divergiren.

Alle Gläser von dieser Art theilt man daher ein: in erhabene oder convexe Linsengläser, Convexgläser, und in hohle, vertiefte oder concave Gläser, Con-

cavgläser. Jene sind in der Mitte dicker als nach dem kreisförmigen Rande zu; diese sind in der Mitte dünner.

Die Convexgläser theilt man wieder ein:

1) In convexconvexe, biconvexe oder doppelconvexe Gläser, wie Fig. 4. Taf. IV., welche auf beiden Seiten erhaben sind.

2) In planconvexe Gläser, wie Fig. 5., welche eine ebene und eine erhabene Seite haben.

3) In mondförmige Gläser oder Menisci, wie Fig. 6., die auf der einen Seite hohl und auf der andern erhaben, aber doch in der Mitte dicker sind, als am Rande, weil ihre äussere Rundung gewölbter, als ihre innere Höhlung ist.

Von Concavgläsern giebt es folgende:

1) Concavconcave, biconcave oder doppelconcave, welche auf beiden Seiten hohl sind, wie Fig. 7.

2) Planconcave, deren eine Seite hohl, die andere eben ist, wie Fig. 8.

3) Convexconcave, welche auf der einen Seite hohl, auf der andern erhaben, aber in der Mitte dünner sind, als am Rande, wie Fig. 9. Die innere Höhlung derselben ist nämlich mehr gewölbt, als ihre äußere Rundung.

Sowohl die erhabenen, als die vertieften, krummen Flächen aller Linsengläser sind fast immer kugelförmig (sphärisch) oder gehören einer Kugelfläche von einem bald größern, bald kleinern Durchmesser zu. Ist der Durchmesser der Kugel, wonach die Fläche eines Glases geschliffen wurde, kleiner, so ist die Fläche gewölbter; ist der Durchmesser größer, so ist die Fläche weniger gewölbt.

Läßt man Strahlen von Gegenständen durch irgend ein Linsenglas auffangen, so nennt man die nach den Gegenständen hingekehrte Seite die Vorderseite des Glases, die andere die Hinterseite. Denkt man

sich eine gerade Linie senkrecht auf die Mitte des Glases, so macht diese Linie die Axe des Glases aus. Hat das Glas zwei gekrümmte Flächen, so muß diese Linie, welche die Mitte der einen Fläche trifft, auch durch die Mitte der andern Fläche gehen. Alsdann ist das Glas gehörig centrirt. — Unter Breite des Glases versteht man eine gerade Linie (oder Sehne) von einem Punkte des Randes bis zum gerade gegenüber liegenden.

Alle Convexgläser sind Sammlungsgläser. Denn in ihnen kommen alle Strahlen nach der Brechung näher zusammen, folglich in einen engern und engern Raum. Parallele Strahlen, sowie Strahlen, die nicht zu viel divergiren, werden in diesen Gläsern convergirend; alle übrigen divergirenden Strahlen aber werden in ihnen weniger divergirend.

Fallen z. B. ein Paar Strahlen a d, b e Fig. 4. Taf. IV., parallel mit der Axe auf ein convexconvexes Glas, so werden sie beim

Eingange in das Glas nach dem Perpendikel (dem Einfallslothe) hin gebrochen. Sie nehmen also in dem Glase den Weg dm, en, und sind demnach jetzt schon convergirend geworden. Beim Ausgange aus dem Glase werden sie von dem Perpendikel hinweg gebrochen. Dadurch werden sie noch mehr convergirend. Sie gehen nämlich, wenn sie aus dem Glase herausgekommen sind, in der Richtung mf, nf fort und vereinigen sich in dem Punkte f, welcher Brennpunkt des Glases genannt wird. Nur der in der Axe des Glases einfallende, folglich perpendikuläre Strahl, geht ungebrochen durch das Glas hindurch.

Der Name Brennpunkt wird wieder, wie bei den Hohlspiegeln, auf folgende Art gerechtfertigt. Wenn die einfallenden Strahlen Sonnenstrahlen sind, so wird die Summe der auf der Vorderseite des Glases auffallenden Strahlen (welche einen Strahlencylinder bilden) hinter dem Glase in dem Brennpunkte so verdichtet, daß sie da Körper in Brand setzen

können. Die Convergläser sind also auch Brenngläser. Indessen findet die genaue Vereinigung in einem eigentlichen Brennpunkte nur mit denjenigen Strahlen statt, welche sehr nahe bei der Axe einfallen. Sonst haben die Convexgläser, eben so wie die Hohlspiegel, blos einen Brennraum, der bei Gläsern von großer Breite, deren Krümmung zugleich nur wenige Grade faßt (oder ein kleiner Theil einer großen Kugel ist) am kleinsten ausfällt. Es giebt übrigens Brenngläser von so erstaunender Wirkung, daß sie augenblicklich brennbare Sachen entzünden, sehr strengflüssige Körper schmelzen ꝛc. Solche Brenngläser haben, von 4 Fuß Breite, unter andern die Herren von Tschirnhausen und Hartsoecker verfertigt.

Haben beide gekrümmte Flächen des biconvexen Glases einerlei Halbmesser (oder gehören sie einer Kugel von einerlei Halbmesser zu), so ist die Brennweite, d. h. die Entfernung des Brennpunktes von dem Glase,

dem Halbmesser gleich. Bei dem planconvexen Glase, Fig. 5., liegt der Brennpunkt so weit von dem Glase hinweg, daß die Brennweite dem doppelten Halbmesser gleich ist. Bei dem mondförmigen Glase, Fig. 6., geschieht die Vereinigung der Strahlen in einer noch größern Entfernung hinter dem Glase. Durch Zeichnungen selbst (wie Fig. 4 bis 6) läßt sich dies deutlich genug vor Augen stellen.

Alle Convergläser sind auch Vergrößerungsgläser oder einfache Mikroskope. Sie vergrößern um so mehr, je kleiner oder gewölbter sie sind, d. h. je kleiner die Kugel oder der Halbmesser derjenigen Kugel ist, der ihre Fläche zugehört (in welchem Falle sie die unvollkommensten Brenngläser abgaben). Je weiter von dem Gegenstande (z. B. von einer Druckschrift) hinweg man ein Converglas hält, desto mehr zeigt sich der Gegenstand vergrößert. Rückt man aber das Glas so weit hinweg, daß der Gegenstand in den Brennpunkt kommt, so wird

Alles undeutlich und man sieht blos ein unordentliches Gemisch von Lichtstrahlen. Bringt man den Gegenstand über den Brennpunkt hinaus, so zeigt sich ein verkehrtes und verkleinertes Bild auf derjenigen Fläche des Glases, welche nach dem Auge hin liegt. Dieses Bild wird desto kleiner, je weiter von dem Gegenstande hinweg man das Glas hält. Daß diese Erscheinungen so erfolgen müssen, wird sich aus folgenden Betrachtungen ergeben.

Wenn Strahlen, die parallel auf das convexe Glas fallen, nach geschehener Brechung auf der Hinterseite des Glases in dem Brennpunkte vereinigt werden, so müssen, umgekehrt, Strahlen, die aus dem Brennpunkte des Glases kommen, und auf das Glas fallen, nach geschehener Brechung und nach vollendetem Durchgange durch das Glas, hinter demselben parallel fortgehen. Man sieht dies deutlich genug bei Fig. 4, wenn man die Hinterseite des Glases zur Vorderseite macht und den Gegenstand in den Brennpunkt f setzt. Sind

hier fm und fn ein Paar auf das Glas fallende Strahlen, so sind da und eb die wieder herausgekommenen gebrochenen. Wenn nun aber aus einem vor dem Brennpunkte (zwischen Brennpunkte und Glase) liegenden Gegenstande die Strahlen herkommen, so müssen diese schräger oder mehr divergirend auf das Glas fallen, als wenn sie aus dem Brennpunkte gekommen wären; sie bleiben sogar nach der Brechung noch divergirend (aber weniger). Es kann daher keine Vereinigung der Strahlen hinter dem Glase statt finden, sondern vor dem Glase nur eine eingebildete, folglich auch nur ein scheinbares Bild, größer als der Gegenstand.

Eigentlich besteht jeder Gegenstand aus einer unzähligen Menge von Punkten; jeder Punkt schickt Strahlen auf ein vorgehaltenes Glas. Da nun das Glas von jedem Punkte ein Bild macht, so entsteht dadurch ein Bild des ganzen Gegenstandes. Aber nur ein Paar Strahlen, ein Paar schiefe und ein Paar senk-

rechte von dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes, braucht man auf das Glas fallend und brechend sich gedenken, um Größe, Ort und Lage des Bildes in Erfahrung zu bringen.

Kommen Strahlen von einem Gegenstande hinter dem Brennpunkte her, so divergiren sie weniger, als die Strahlen aus dem Brennpunkte. Daher müssen sie, wie man Fig. 1. Taf. V. sieht, nach geschehenem Durchgange durch das Glas, convergiren und sich mit den Perpendikulärstrahlen hinter dem Glase zu einem wirklichen Bilde vereinigen, das in Hinsicht auf den Gegenstand verkehrt steht. So ist ab, Fig. 1. Taf. V., das verkehrte verkleinerte Bild von AB. Dieses Bild fällt desto weiter von dem Glase hinweg, und wird desto größer, je näher der Gegenstand (z. B. die Schrift eines Buchs) am Glase liegt. Sehr entfernte Gegenstände aber machen ein ungemein kleines Bild, welches nicht viel mehr, als um die Brennweite vom Glase entfernt ist.

Alle Hohlgläser, Fig. 7. 8. 9. Taf. IV., sind Zerstreuungsgläser. In ihnen werden nämlich alle eingegangenen Strahlen durch die Brechung weiter auseinander gebracht und parallele Strahlen werden in ihnen divergirend, so daß sie hinter dem Glase auseinander fahren und sich zerstreuen. Gesetzt, a d und b e, Fig. 7—9, wären solche parallele Strahlen. Denkt man sich dieselben wieder beim Eingange in das Glas nach dem Perpendikel zu, beim Ausgange aus dem Glase vom Perpendikel hinweg gebrochen, so wird man finden, daß die aus dem Glase heraus fahrenden Strahlen m x und n z divergirend geworden sind. Nur der Perpendikulärstrahl c o geht ungebrochen hindurch. Denkt man sich ferner die hinter dem Glase auseinander fahrenden Strahlen rückwärts verlängert, so schneiden sie sich vor dem Glase in einem Punkte f, welcher eingebildeter oder negativer Brennpunkt, auch Zerstreuungspunkt genannt wird, weil jene di-

vergirenden Strahlen aus diesem Punkte auszulaufen scheinen. Die Entfernung dieses Punktes von der Fläche des Glases heißt eingebildete Brennweite, negative Brennweite, Zerstreuungsweite.

Wenn beide brechende Flächen des biconcaven Glases, Fig. 7, Kugelflächen von einerlei Halbmesser sind, so ist die negative Brennweite so dem Halbmesser gleich. Ist die ebene Fläche des planconcaven Glases, Fig. 8, die vordere (nach dem Gegenstande hingekehrte), so erleiden die einfallenden Strahlen nur eine Brechung, nämlich beim Ausgange aus dem Glase. So gehen die parallelen Strahlen ad und be in derselben Richtung dm, en durch das Glas und kommen nach mx und nz gebrochen wieder heraus. Sehr divergirend sind sie nicht; deswegen ist auch ihr Zerstreuungspunkt weiter von dem Glase entfernt. Macht man aber die concave Fläche zu der vordern, so findet in dem Glase eine doppelte Brechung

der Parallelstrahlen statt, sowohl beim Eingange, als beim Ausgange. Die zweite Brechung ist dann nur viel schwächer, als die erste. Ueberhaupt ist in diesem Falle die Zerstreuungsweite dem Halbmesser der concaven Fläche gleich.

Bei einem convexconcaven Glase, wie Fig. 9, ist die concave Fläche krummer, als die convexe. Bei ihm liegt deswegen der eingebildete Brennpunkt noch weiter von der Fläche des Glases hinweg. Hätten die hohle und die erhabene Fläche eines convexconcaven Glases einerlei Halbmesser (wie ein Uhrglas), so würden die Strahlen darin wie in einem ebenen Glase gebrochen werden, dessen beide Flächen parallel sind.

Alle Hohlgläser sind Verkleinerungsgläser. Hält man ein solches Glas vor einen Gegenstand (z. B. vor eine Druckschrift), so erscheint der Gegenstand immer verkleinert, aber immer aufrecht, man mag das Glas so weit von dem Gegenstande entfernen,

als man will. In größerer und größerer Entfernung erscheint der Gegenstand immer kleiner und kleiner. Je hohler das Glas ist, d. h. je kleiner der Halbmesser derjenigen Kugelfläche ist, welcher die hohle Fläche des Glases zugehört, desto mehr verkleinert es den Gegenstand. Immer bleibt aber das Bild ein eingebildetes oder scheinbares, und zwar vor dem Glase in geringerer Entfernung, als der Gegenstand.

Fallen nämlich Strahlen nicht parallel in ein Hohlglas, so braucht man nur wieder die Durchschnitts- oder Vereinigungspunkte von ein Paar gebrochenen Strahlen des obersten und untersten Punktes irgend eines Gegenstandes zu suchen, um Ort, Lage und Größe des Bildes zu finden. Strahlen, die divergirend in ein Hohlglas fallen, werden nach geschehener Brechung beim Herausfahren noch mehr divergirend. Sind die in ein Hohlglas fallenden Strahlen nur wenig convergirend, so können sie beim Herausfahren parallel oder

gar

gar divergirend geworden seyn. Wenn aber die einfallenden Strahlen stark convergirend waren, so wurden sie beim Herausfahren aus dem Glase weniger convergirend. Dies Alles kann man sich durch Zeichnungen von Gläsern (nach dem Durchschnitt durch ihre Dicke) und durch Strahlen, die man auf verschiedene Art in dieselben hineinfallen, nach dem bewußten Gesetze brechen und wieder herausfahren läßt, deutlich genug machen.

Je vollkommener und genauer in den Linsengläsern die von den verschiedenen Punkten eines Gegenstandes herkommenden Strahlen wieder in solche correspondirende Punkte (Bild-Punkte) vereinigt werden, desto genauer und deutlicher muß natürlich auch das Bild des Gegenstandes selbst seyn. Aber von den sphärischen Oberflächen der Gläser läßt sich keine so vollkommene Vereinigung der Lichtpunkte erwarten. Denn nur diejenigen Strahlen, welche sehr nahe an die Axe des Glases fallen, vereinigen sich genau in einem und demselben Punkte;

die übrigen, welche näher nach dem Rande des Glases hin fallen, haben andere und andere Vereinigungspunkte. Und durch diese Verschiedenheit der Vereinigungspunkte entstehen immer eben so verschiedene, aber schwache, Nebenbilder, folglich Undeutlichkeiten des Hauptbildes. Diese Undeutlichkeiten werden desto größer, je kleiner der Durchmesser ist, dem die Krümmung des Glases zugehört, folglich je gewölbter das Glas ist. Daher wählt man in solchen Fällen, wo möglichste Vollkommenheit statt finden soll (z. B. zu Fernröhren) am liebsten flache Gläser. Wo dieses aber nicht verstattet ist, da bedeckt man die Linsengläser mit Blendungen, d. h. mit schwarzen Rändern, um, wo möglich, nur diejenigen Strahlen zu benutzen, welche nahe bei der Axe einfallen. Dieselben Blendungen haben bei solchen Gläsern noch einen andern Nutzen (gegen die durch die Zerspaltung des Lichts entstehenden Farben), wovon in dem nächsten Kapitel die Rede seyn wird.

Viertes Kapitel.

Die Farben.

Der unsterbliche Britte **Newton** war der erste, welcher folgendes höchst interessante Experiment anstellte: Ein Zimmer, welches von der Sonne beschienen wurde, verfinsterte er am Tage durch vorgesetzte, genau schließende Läden. Der eine Laden hatte nur eine kleine runde Oeffnung. Durch diese Oeffnung ließ er erst ein Büschel Sonnenstrahlen auf eine weiße Fläche, z. B. auf einen weißen Papierbogen, fallen. Da zeigte sich dann auf dieser Fläche ein kreisrundes Sonnenbild, wie a b c d Fig. 2. Taf. V. Nun aber hielt er ein dreiseitiges gläsernes Prisma (wovon man in der Figur einen Quer-Durchschnitt sieht) so vor die Oeffnung, daß die eine Kante, die sogenannte **Brechungskante**, nach unten hin-

gekehrt war. Alsdann erschien das Sonnenbild ef ganz anders, und zwar nicht an demselben Orte wie abcd, sondern über demselben, ferner nicht kreisrund, sondern lang gezogen, oben und unten abgerundet, und was das allermerkwürdigste war, nicht weiß, sondern mit sieben verschiedenen Farben. Zu unterst, oder dem alten Sonnenbilde zunächst, war das Licht roth; dann folgte von unten nach oben eine pomeranzengelbe oder Orange-Farbe, hierauf eine schwefelgelbe, nun eine grüne, weiter eine hellblaue, dann eine dunkelblaue und zuletzt eine violette Farbe.

Newton ließ auch ein einzelnes von diesen Farbenbildern durch ein kleines in das weiße Papier gestochenes Löchelchen fallen und hinter dem Papiere fing er den hindurchgedrungenen farbigten Strahl wieder mit einem gläsernen Prisma auf. Aber dieser behielt, nach einer abermaligen Brechung in dem Prisma, seine Farbe bei. Nun fing er das ganze

Farbenbild e f mit einer Convexlinse (einem Brennglase) auf. Durch dieses wurden alle sieben Farben wieder zusammen gebracht und hinter dem Glase wieder in ganz weißes Licht, wie a b c d, verwandelt. — In der Folge fand man, daß nicht blos das Sonnenlicht, sondern jedes andere weiße Licht, z. B. das einer Wachskerze, das elektrische Licht 2c., eben so behandelt, dieselben Erscheinungen hervorbringe.

Aus diesen Versuchen schloß Newton, und mit ihm jeder andere Naturforscher, dem diese Versuche bekannt wurden und der sie auch selbst nachmachte, daß das weiße Licht kein einfaches, sondern ein aus sieben verschiedenen farbigten Strahlen zusammengesetztes Licht sey. Diese verschiedenen Strahlen nannte er einfache Farben oder Grundfarben. Miteinander auf das Innigste verbunden, machen sie das weiße Licht aus. Da sie aber eine verschiedene Brechbarkeit besitzen, so entfernen sie sich durch

die Refraction in dem Prisma von einander, oder zerspalten sich dadurch gleichsam in die sieben einfachen Strahlen, die sich dann hinter dem Prisma in der angeführten Ordnung als Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violet darstellen. Der rothe Strahl wurde also am wenigsten, der violette am meisten gebrochen.

Hinterher fand man, daß eben so, wie die verschiedenen gefärbten Strahlen sich in Hinsicht der Brechbarkeit verhalten, dies auch in Hinsicht der Zurückwerfung (Kap. II.) und der Beugung (wenn sie blos an der Kante eines undurchsichtigen Körpers herausstreichen, wodurch sie auch von ihrer Richtung abgelenkt werden können) der Fall ist. Die ganze Erscheinung führt gewöhnlich den Namen Lichtzerspaltung, Lichtzerstreuung, Farbenzerstreuung.

Die verschiedenen farbigten Streifen des Bildes ef auf dem Papiere haben nicht alle einerlei Breite. Wenn man nämlich die Höhe

des ganzen Farbenbildes in 360 gleiche Theile theilt, so nimmt davon das rothe Licht 45, das orange 27, das gelbe 48, das grüne 60, das hellblaue auch 60, das dunkelblaue 40 und das violette 80 Theile ein. Trägt man Pigmente (oder Färbestoffe, Malerfarben), welche jene sieben Farben zeigen, nach jenen Verhältnißzahlen und nach derselben Ordnung, wie sie daselbst auf einander folgen, auf eine kreisrunde Scheibe, und zwar rings um den Mittelpunkt herum, so kann man dem Auge recht überzeugend die Vermischung der sieben Farben zu weißem Licht darstellen. Dreht man nämlich die von der Sonne beschienene Scheibe, in deren Mitte eine kleine Spindel oder ein kleiner Stift gesteckt ist, durch Herumschnellen recht geschwind um ihre Spindel, so fließt der Eindruck von allen Farben im Auge so zusammen, als wenn die Farben mit einander vermischt würden, und die ganze Scheibe erscheint weiß. Fehlt eine einzige Farbe, so sieht die Scheibe nicht mehr weiß

aus. — Von jenem Eindrucke der Farben im Auge (sowie des Lichts überhaupt) und der Dauer desselben wird im nächsten Kapitel die Rede seyn. Nur so viel hier, daß der Eindruck jeder Farbe im Auge (sowie jedes Lichts überhaupt) eine halbe Sekunde lang dauert. Da nun die ganze Scheibe in jeder halben Sekunde mehrere Male um ihre Axe gedreht wird, so bleibt der Eindruck aller sieben Farben zusammen noch immer im Auge, wenn auch schon die zweite, dritte ꝛc. Umdrehung begonnen hat. Dies bewirkt gleichsam eine Vermischung aller Farben im Auge.

Uebrigens ist auch die erleuchtende Kraft der verschiedenen farbigten Strahlen nicht gleich; in der Mitte des Sonnenbildes, in den grünen und gelben Strahlen, ist sie am stärksten; gegen beide Enden zu nimmt sie ab. Wirklich kann man dieselbe Schrift, vom grünen oder gelben Strahle erhellt, in einer größern Entfernung lesen, als vom rothen oder violetten Lichte erleuchtet.

Eine lange Reihe von Jahren nach Newtons Entdeckung nahmen zwei deutsche Naturforscher, Tobias Mayer in Göttingen und Wünsch zu Frankfurt an der Oder, nur drei einfache Grundfarben an; Mayer nämlich nahm dafür an: Roth, Gelb und Blau; und Wünsch: Roth, Grün und Violet. Sie meinten, daß aus diesen drei Farben alle übrigen in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt wären. So wäre z. B. nach Mayer, Grün aus Gelb und Blau, Orange aus Roth und Gelb, Violet aus Roth und Blau ꝛc. zusammengesetzt. Pigmente von diesen Farben auf eine Scheibe (die Farbenspindel) getragen und auf oben beschriebene Art herumgeschnellt, geben freilich Resultate, welche jenen Meinungen nicht entgegen sind.

Uebrigens braucht derjenige durchsichtige Körper, welcher die Zerspaltung des Lichts in die sieben farbigten Strahlen bewirkt, gerade kein gläsernes Prisma zu seyn. Jeder durchsichtige Körper, dessen brechende Flächen

nicht parallel sind, bringt dieselbe Erscheinung hervor, bald schöner, bald weniger schön. Man kann dies an durchsichtigen (z. B. gläsernen) Kugeln oder kugelartigen Körpern, an durchsichtigen ovalen Körpern, Kegeln, Linsengläsern u. dgl. leicht wahrnehmen. Wird ja auch dasselbe Phänomen sehr schön durch Regentropfen erzeugt, wenn die Sonne sie bescheint, wie wir an dem Regenbogen sehen. Da wird das Farbenbild durch eine dunkle Regenwand kreisförmig in unser Auge geworfen. Den Anblick derselben Erscheinung giebt uns oft das in die Höhe geworfene Wasser einer Fontaine, einer Feuerspritze u. dgl., wenn die Sonne darauf scheint.

Wenn man den Newtonschen Versuch in einem verfinsterten Zimmer, statt mit dem Prisma, mit einem gläsernen Kegel anstellt, wenn man nämlich mit der Spitze des Kegels einen Sonnenstrahl auffängt, so erhält man das Farbenbild als Regenbogen in einem vollkommenen Kreise. Scheint die Sonne auf Kron-

leuchter, so zerspalten sich ihre Strahlen in den verschiedenen geschliffenen Glastheilen des Leuchters ebenfalls zu den sieben farbigten Strahlen, die sich oft sehr schön an den Wänden des Saals oder Zimmers präsentiren. Die Diamanten verdanken ihr Feuer, d. h. ihre Farbenpracht, welche sie aus dem auf sie fallenden Sonnen- oder Kerzenlicht entfalten, theils der Art ihres Schnittes (zu Brillanten, Rauten, Tafelsteinen, wodurch allerlei nicht parallele Flächen entstehen), theils noch besonders ihrem eigenthümlich starken Lichtbrechungs- und Farbenzerstreuungsvermögen.

Schädlich ist dieselbe Zerspaltung des Lichts in Farben bei den Linsengläsern der Fernröhre. Hat das Fernrohr ein einzelnes einfaches Objectivglas (das nach den Gegenständen, welche man betrachten will, hingerichtete Glas), wie dies jetzt bei den gemeinen Fernröhren der Fall ist und ehedem auch bei den besten Fernröhren der Fall war, so sieht man immer farbigte Säume um alle Gegenstände, welche

man durch das Fernrohr betrachtet und diese farbigten Säume machen die Gegenstände oft sehr undeutlich. Durch die Bedeckungen der Ränder, die sogenannten Blendungen, wird die Farbenspaltung zwar vermindert, aber nicht ganz aufgehoben. Erst durch Dollonds interessante Erfindung (Kap. XI.) erhielt man farbenlose Objectivgläser.

Alle Körper der Natur sehen wir mit gewissen Farben; der eine erscheint uns weiß, ein anderer roth, wieder ein anderer grün, noch ein anderer blau, u. s. f. Wir erklären diese verschiedenen Farben, womit die Körper unserm Auge sich darstellen, aus der verschiedenen Verwandtschaft, welche die Körper zu dem Lichte und namentlich zu den einzelnen Theilen des Lichts (den farbigten Strahlen) haben. Vermöge dieser (durch eigne Ziehkräfte veranlaßten) Verwandtschaft saugen sie entweder das Licht ein und löschen es dadurch gleichsam aus, oder sie werfen es ganz so zurück, wie sie es erhielten, oder sie zersetzen

es in die einzelnen farbigten Theile, behalten davon gewisse Theile in sich, und reflectiren nur einen Theil oder nur einige Theile.

Nur durch das von ihren Oberflächen reflectirte Licht werden die Körper sichtbar. Hat ein Körper zu allen sieben farbigten Strahlen Verwandtschaft, so saugt er sie alle ein und wirft gar keinen zurück. Es kommt demnach von diesem Körper kein Licht ins Auge und eben deswegen erscheint er als ein begränzter Schatten oder schwarz. Ganz schwarze Körper selbst können wir daher nicht sehen; ihr Daseyn erkennen wir blos an den angränzenden hellen Körpern. Schwarz verdient also auch nicht den Namen einer Farbe. Ueberhaupt aber ist ein Körper um so dunkler oder schwärzer, je weniger Licht er reflectirt. Absolut schwarz ist auf Erden keiner, weil auch der schwärzeste immer noch etwas weißes Licht zurückwirft.

Hat der Körper zu keinem der sieben farbigten Strahlen Verwandschaft, und wirft er

sie deswegen alle zurück, so erscheint er weiß. Hat er zu sechs Strahlen Verwandschaft, und nur zu dem siebenten nicht, so reflectirt er blos diesen und schickt ihn in's Auge. Wäre dieser etwa der dunkelblaue, so sehen wir den Körper mit dunkelblauer Farbe (wie z. B. ein mit Indig gefärbter oder bemalter Körper); wäre er der rothe, so sehen wir ihn mit rother Farbe (wie z. B. ein mit Cochenille gefärbter Körper); wäre er der grüne, so sehen wir ihn mit grüner Farbe (wie z. B. die Wiesen, die Bäume ꝛc.)

Auch zwei, drei, vier, fünf und sechs Farben können in unser Auge zurückgeworfen werden. Diese Strahlen kommen dann vermischt in unser Auge und so sehen wir den Körper auch von einer gemischten Farbe.

Es kommt also hauptsächlich auf die materielle Beschaffenheit der Körper, besonders auf deren Oberflächen an, wenn die Körper diese oder jene Verwandschaft zu dem Lichte besitzen, folglich mit dieser oder jener Farbe

erscheinen sollen. Nun kann freilich mit den Theilchen eines Körpers, ihrer Lage rc. durch chemische und mechanische Processe eine Aenderung vorgehen, oder es kann auch nur die Oberfläche des Körpers mit andern Theilchen vermischt werden, um andere Farben zu erzeugen, die vorher nicht da waren. Eine solche Veränderung geht z. B. im Herbst mit denjenigen Blättern der Bäume vor, deren grüne Farbe sich in die gelbe verwandelt; und eine ähnliche Beschaffenheit hat es auch mit dem Verschießen der Farben in der Luft, im Regen und im Sonnenschein.

Beim Färben und Malen versieht man die Körper mit färbenden Stoffen oder Pigmenten, die man so zu wählen weiß, daß das Auge die Körper mit dieser oder jener Farbe erblickt. Man nennt auch wohl die Pigmente selbst Farben, aber in einem ganz andern Sinne, als wenn wir damit die unmittelbare Ursache der Farbenempfindung bezeichnen, welche eigentlich (wie wir nun

wissen) im Lichte liegt. Sehr wenige Pigmente, ja die reinsten, wie Karmin, Indig, Gummigutti, nicht einmal, reflectiren die Farben so rein, als wir sie hinter dem Prisma oder im Regenbogen sehen, weil dort meistens, nebst der Hauptfarbe, auch noch andere Strahlen reflectirt werden.

Durch Pigmente geben wir den Körpern entweder auf eine solche Art Farben, daß wir ihre Oberfläche damit überziehen, wie beim Malen und Anstreichen; oder daß wir, wie dies in der Färbekunst geschieht, ihre ganze Substanz damit durchdringen und durch und durch alle ihre Theilchen damit überziehen, wie beim Blaufärben, Rothfärben etc. der Wolle und wollenen Zeuge. Wir vermögen aber auch durch chemische Mittel eine Aenderung der Zusammensetzung des zu färbenden Körpers hervorzubringen. So können wir z. B. durch Einwirken von verdünnter Salpetersäure die weiße Seide gelb färben. So können wir die Farbe des Lackmus durch alle

Säu-

Säuren in Roth umändern u. s. w. Auch dieser Weg wird nicht selten in der Färbekunst eingeschlagen.

Manche Körper werfen das Licht mit zwei oder mehr Farben so zurück, daß das Auge von jeder Stelle eine andere Farbe sieht, je nachdem die Richtung ist, unter welcher es die Strahlen auffängt. Man nennt diese Erscheinung Schillern oder Changiren. Sie wird unter andern an den Taubenhälsen, an den Pfauenfedern, an den sogenannten moirirten oder gewässerten Zeugen, an dem Labrador und an mehreren andern Mineralien, an den Seifenblasen ꝛc. wahrgenommen. Die meisten durchsichtigen Körper, z. B. die meisten gefärbten Gläser, zeigen sowohl durch das reflectirte Licht, wenn man sie ansieht, als auch mittelst des hindurchgelassenen Lichts, wenn man hindurchsieht, einerlei Farbe. Einige aber, wie Hämatine, Selen, die Tinktur von Roßkastanien-Rinde, von blauem Santelholz ꝛc. zeigen durch reflectirtes Licht

eine andere Farbe, als durch das hindurchgelassene. So erscheinen auch manche Gläser schwarz, wenn sie auf undurchsichtigen Körpern liegen und die Strahlen durch Reflection ins Auge kommen; gelb oder grün aber, wenn man sie gegen das Licht hält, folglich die Strahlen durch Brechung ins Auge gelangen.

Unter **zufälligen Farben** versteht man solche, deren Wahrnehmung nicht im Lichte, sondern in unserm Auge ihren Grund hat. So sieht das Auge zuweilen auf weißem Grunde ein bläulicht-grünes Viereck, wenn es sich durch langes Ansehen einer grell rothen Farbe ermüdet hat. So sieht ein schwaches Auge, welches in die Sonne blickte, oft lange Zeit nachher noch, selbst wenn man es schließt, feuerrothe Flächen oder Flecken. Vielleicht gehören auch die **gefärbten Schatten** hierher. Diese entstehen, wenn einer und derselbe Körper, durch zwei sehr verschiedenartige Lichter, z. B. durch schwaches Tageslicht und durch Kerzenlicht beleuchtet, zwei Schatten wirft.

Fünftes Kapitel.

Polarität und Beugung des Lichts.

Zu einer ungewöhnlichen Strahlenbrechung gehört die doppelte Strahlenbrechung, wie sie in manchen durchsichtigen Mineralien, z. B. in dem Isländischen Kalkspath (dem Doppelspath) und in andern Kalkspathen, in Chrysolith, Strontianit, Zirkon, Beryll, Topas rc. statt findet. Ein durch ein solches Mineral gehender Lichtstrahl wird gleichsam in zwei Theile gespaltet; der eine Theil hiervon befolgt die gewöhnlichen Brechungsgesetze, der andere aber wird auf eine ungewöhnliche Art gebrochen, und zwar so, daß er mit dem ersten einen für jede Art von Crystall genau bestimmten Winkel (z. B. beim Kalkspath einen Winkel von $6\frac{2}{3}$ Graden) macht. Aus jedem einfallenden

Lichtstrahle werden also zwei ausfahrende Lichtstrahlen.

Eine solche ungewöhnliche Strahlenbrechung sah der berühmte französische Physiker Biot zuerst als den Erfolg anziehender oder abstoßender Kräfte an, die auf einen Theil des einfallenden Lichts so wirken, als wäre ihr Sitz in der parallel mit der Axe auf den Einfallspunkt gezogenen Linie. Er unterscheidet daher auch Crystalle mit anziehender und mit abstoßender Axe. Er sucht aber auch zu erklären, warum diese anziehenden und abstoßenden Kräfte nur auf einen Theil des einfallenden Lichts wirken. Deshalb legt er diesem Lichte Polarität bei, d. h. er stellt sich vor: das Licht bestehe aus kleinen um ihren Schwerpunkt beweglichen und, wie Magnete, mit entgegengesetzten Polen begabten Theilchen, die, je nachdem sie andern Körpern einen oder den andern ihrer Pole, oder auch eine Zwischenseite, zukehren, von diesen entweder angezogen, oder abgestoßen, oder gar

nicht afficirt werden *). Nun können die Pole der Lichttheilchen sowohl durch Brechung, als durch Zurückwerfung, eine bestimmte Richtung bekommen. Aber solche Lichtstrahlen, welche die gleichnamigen Pole alle nach einer Seite hinwenden, heißen polarisirte Strahlen.

Von dem nicht polarisirten Lichte unterscheidet sich das polarisirte dadurch, daß es unter gewissen Umständen anders gebrochen und zurückgeworfen wird, als das unpolarisirte. So wird das Licht durch Brechung vorzüglich

---

*) Bekanntlich besteht jeder Magnet, sowohl der natürliche, als der künstliche (auch die Magnetnadel), aus zwei Polen, wovon wir den einen, welcher, wenn der Magnet um einen Aufhängepunkt oder Unterstützungspunkt leicht sich drehen kann, stets nach Norden sich richtet, Nordpol, den andern Südpol nennen. Bringt man gleichnamige Pole, z. B. Nordpol und Nordpol oder Südpol und Südpol zusammen, so stoßen diese einander ab. Ungleichnamige Pole aber, wie Nordpol und Südpol, ziehen sich einander an.

beim Durchgange durch die mit der doppelten Strahlenbrechung begabten Körper polarisirt. Ueber die Polarisirung durch Reflection aber kann man folgenden Versuch machen.

Wenn man einen Lichtstrahl auf eine geschliffene und polirte Glastafel (z. B. eine unbelegte Spiegeltafel) unter einem Winkel von 35 Grad 25 Minuten fallen läßt, so wird von derselben der größte Theil des Lichts so zurückgeworfen, daß, nach dem bekannten Gesetze, der reflectirte Strahl ebenfalls einen Winkel von 35 Grad 25 Minuten mit der Glasfläche macht. Fängt man diesen zurückgeworfenen Strahl mit einer zweiten, der ersten ähnlichen und mit ihr parallel gestellten Glastafel auf, so muß der Lichtstrahl auch auf diese Tafel unter einem Winkel von 35 Grad 25 Minuten sowohl einfallen, als reflectirt werden, folglich fallen dann die Reflections-Ebenen der von beiden Spiegeln zurück geworfenen Lichtstrahlen zusammen. Dreht man aber die zweite Glastafel, ohne

ihre Neigung gegen den in dieselbe fallenden Lichtstrahl zu verändern, so lange nach einer oder der andern Seite, bis ihre Reflections-Ebene mit derjenigen der ersten Glastafel einen rechten Winkel macht, so wird, nach allmähliger Abnahme, endlich gar kein Licht mehr reflectirt. Nur sobald die Reflections-Ebenen wieder zusammenfallen, wird auch wieder alles Licht reflectirt.

Dieses Phänomen zu erklären, schließt man so: das Licht ist durch die Reflection auf der ersten Glastafel polarisirt worden; und je nachdem es nun mit der Seite eines oder des andern Pols die zweite Glastafel trifft, wird es entweder hindurchgelassen oder zurückgeworfen. Der Grad der Polarisation aber ist sowohl von der Natur des Mittels abhängig, in welches die Strahlen einfallen, als auch von dem Einfallswinkel des Lichts. So polarisiren z. B. die Metalle sehr wenig. — Uebrigens wird die Polarisation des Lichts zur Erklärung vieler Licht-Erscheinungen,

z. B. der verschiedenen Färbung der Körper, angewendet.

Wenn Lichtstrahlen ganz nahe an der Oberfläche, besonders an den Kanten und Ecken eines undurchsichtigen Körpers vorbeifahren, so werden sie auch dadurch oft von ihrer Richtung abgelenkt, entweder nach dem Körper hin, oder davon abgezogen. Dieser Erscheinung hat man den Namen Beugung, Inflection oder Diffraction des Lichts gegeben. Gesetzt, man ließe durch die feine Oeffnung eines finstern Zimmers einen Sonnenstrahl auf ein ausgespanntes Haar oder auf einen feinen Draht fallen. Alsdann ist der Schatten desselben, den man mit einem weißen Papier auffängt, breiter, als er seyn müßte, wenn der Strahl am Haare oder Drahte gerade fortginge; also ein Beweiß, daß der Strahl nicht in der anfänglichen geraden Linie blieb. — So hat man auch bei Visirungen mit Fernröhren bemerkt, daß die Gegenstände, auf welche visirt wird, eine

scheinbare Ablenkung erleiden, wenn ein Körper die Visirebene berührt.

Durch dieselbe Beugung wird auch eine Farbenzerstreuung hervorgebracht. Aber die Farben, welche sich dann zeigen, sind nur schwach. Newton ließ in einem finstern Zimmer das Licht zwischen zwei gegen einander gestellten, einander sehr nahen scharfen Messerschneiden hindurchgehen. Er bemerkte, daß das hindurchgegangene Licht in zwei Theile sich theilte und daß es in der Mitte einen dunkeln Schatten ließ, dessen Breite desto größer war, je näher die Messerschneiden zusammengebracht wurden. An jeder Seite des Schattens nahm Newton farbigte Lichtstreifen wahr.

Läßt man ein von einem Spiegel horizontal zurückgeworfenes Licht durch eine ohngefähr $\frac{1}{7}$ Linie große Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fallen und fängt man es in einer Entfernung von ohngefähr 15 bis 20 Fuß mit einer weißen Tafel auf, so erscheint es weiß,

ohne irgend eine bemerkbare Farbe. Fängt man aber dasselbe Bild einige Fuß weit vom Fenster mittelst einer Blechplatte auf, worin ein nur wie eine Nadelspitze großes Loch sich befindet, so wird auf der weißen Tafel ein kleines rundes weißes Bild mit concentrischen gefärbten Kreisen erscheinen; und diese Kreise werden weiter seyn, als sie seyn sollten, wenn das Licht geradlinigt fortginge. Legt man nun das Auge auf das kleine Löchelchen, und sieht man gegen die größere Oeffnung in dem Fensterladen, so erscheint die Oeffnung mit farbigten Ringen eingefaßt.

So sieht man selbst an Fensterrahmen schwache farbigte Säume, wenn das Fenster von der Sonne beschienen wird und wenn man, in gewisser Entfernung von dem Fenster, einen Finger nahe am Auge hin und her bewegt.

Sechstes Kapitel.

Das Auge und die Beschaffenheit des Sehens.

1) Beschreibung des Auges.

Unser Auge ist das so höchst bewunderungswürdige Organ, wodurch wir diejenige Empfindung erhalten, welche wir Sehen nennen. Der vornehmste Theil des Auges ist eine convexconvexe, sehr durchsichtige Linse, die Crystalllinse, ganz so gestaltet, wie ein biconvexes Linsenglas. Strahlen, die von außerhalb dem Auge liegenden Gegenständen in die Crystalllinse fallen, werden in derselben so gebrochen, daß sie sich hinter derselben zu einem Bilde vereinigen, dessen Daseyn unsere Seele empfindet.

Die Gestalt des ganzen Auges oder des Augapfels (Bulbus oculi) kommt der

Kugelgestalt sehr nahe, wie der Durchschnitt aaaa Fig. 3. Taf. V. zeigt; nur der vordere durchsichtige Theil xdx ist weiter hervorragend. Der Längen-Durchmesser dieses Augapfels beträgt bei dem erwachsenen Menschen 11⅓ Pariser Linien, also beinahe einen Zoll. In der aus sieben Knochen gebildeten Augenhöhle (Orbita) ist der Augapfel durch sechs Augenmuskeln nach allen Seiten beweglich. Sie ist, wie alle Knochen, mit Beinhaut überzogen und um dem Augapfel herum mit weichem Fett ausgefüttert. Dieses Fett erleichtert die Bewegung des Augapfels und verhindert schädliche Erschütterungen desselben. Die aus mehreren Drüsen sich absondernden Feuchtigkeiten erhalten das Auge schlüpfrig und erleichtern ebenfalls seine Bewegung. Durch die häutigen Augenlieder (Palpebrae), sowie durch die aus Haaren bestehenden Augenwimpern (Cilia) kann es bedeckt, auch vor einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden. Ueber den Augenwim-

pern befinden sich noch die Augenbraunen (Supercilia), ebenfalls bestimmt zum Schutz gegen einfallende Unreinigkeiten und andere fremdartige Körper.

Aus mehreren Häuten und durchsichtigen Feuchtigkeiten besteht der Augapfel. Die Häute sind theils unter sich verbunden, theils bilden sie Höhlungen. In letzteren befinden sich die durchsichtigen Feuchtigkeiten, durch deren Hülfe eben die einfallenden Lichtstrahlen verschiedenartig gebrochen werden, um im Hintergrunde des Auges die Bilder sichtbarer Gegenstände hervorzubringen.

Die harte, feste oder weiße Haut (Tunica sclerotica) macht die Gränze oder das Aeußere des Augapfels aus, der gleichsam damit bekleidet ist, den vordersten Theil ausgenommen. Sie ist undurchsichtig und von weißer Farbe. Nach vorn zu, wo sie dünner wird, verläuft sie sich in die durchsichtige mehr hervorragende oder convexere Hornhaut (Tunica cornea) x d x. Diese bildet

den Abschnitt einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der Halbmesser des übrigen Augapfels.

Zunächst unter der harten Haut breitet sich die Aderhaut, Gefäßhaut oder braune Haut (Tunica choroidea) aus. Diese ist äußerlich braun, inwendig beinahe schwarz und mit vielen Gefäßen versehen. Durch den Ciliarkreis oder das Strahlenband, aus Zellgeweben bestehend, ist sie mit der harten Haut verbunden. Aus dem Ciliarkreise entstehen die weiter einwärts gehenden und bis an den Rand der Crystalllinse reichenden Strahlenfasern (Processus ciliares), welche um der Crystalllinse herum einen sehr schönen gestreiften Ring, den gefaltenen Ring oder den Strahlenkörper (corpus ciliare), bilden.

Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern liegt der Augenstern, der vermöge seiner dunkeln (blauen, braunen ꝛc.) Farbe die von der Axe der Crystalllinse entferntern

Strahlen abhält, und gleichsam eine Art Blendung formirt. Deutlich sieht man ihn durch die Hornhaut hindurch. Die vordere Fläche des Augensterns heißt Regenbogenhaut (Iris), die hintere Traubenhaut (Uvea). In der Mitte des Augensterns befindet sich das Lichtloch, Seheloch oder die Pupille (Pupilla). Blos durch dieses Loch kommt Licht in das Innere des Auges. Auf eine bewundrungswürdige Art erweitert sich die Pupille bei schwachem Lichte, z. B. beim Lesen in der Dämmerung (um einen dickern Lichtbüschel hineinzulassen), und verengert sich bei starkem Lichte, z. B. wenn man plötzlich aus der Dunkelheit ins Helle kommt (um nicht zu viel Licht auf einmal hineinzulassen, welches das Auge zu sehr angreifen könnte).

Hinter dem Lichtloche liegt die Crystalllinse (Lens Crystallina), ein durchsichtiger, gallertartiger, mehr fester als flüssiger, vollkommen biconvexer Körper, dessen hintere Fläche nur etwas erhabener ist, als die vor-

dere. Sie ist in einer häutigen, äusserst durchsichtigen Kapsel eingeschlossen, und hängt mittelst der Strahlenbänder mit der Aderhaut zusammen. Der enge Raum zwischen Kapsel und Crystalllinse ist mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt.

Hinter der Crystalllinse liegt die Netzhaut, Markhaut oder Nervenhaut (Tunica retina). Sie macht die innerste Haut des Auges aus und ist gleichsam der Sitz derjenigen Empfindung, welche wir Sehen nennen. Sie ist weich und dünn und eine Verbreitung des Markes vom Sehenerven (Nervus opticus), welcher den Lichteindruck, der auf der Netzhaut statt findet, nach dem Gehirne hin fortpflanzt.

Eine wässerigte Feuchtigkeit befindet sich nicht blos zwischen der Regenbogenhaut und Crystalllinse, sondern auch zwischen der Hornhaut und Regenbogenhaut. Diese Feuchtigkeit ist an Flüssigkeit, Dichtigkeit und Durchsichtigkeit dem Wasser ähnlich. Sie

macht,

macht, daß die Hornhaut ihre Erhabenheit behält. Sie verdunstet aber auch durch die Hornhaut, und ersetzt sich wieder, wenn sie durch eine Verletzung herausgeflossen war.

Den größern Theil des Auges hinter der Crystallinse füllt die sogenannte **Glasfeuchtigkeit** aus, eine gallertartige, äusserst durchsichtige Masse, die in einem eignen Häutchen eingeschlossen ist.

Nun giebt es freilich unter den Augen verschiedener Menschen immer Verschiedenheiten; aber hier, wo es darauf ankommt, das Sehen zu erklären, brauchen diese nicht genauer dargestellt zu werden. So findet sich z. B. einiges Verschiedene in dem Auge des Europäers, des Mohren und des Albino; auch in dem Auge des Mannes und des Weibes, des Erwachsenen und des Kindes.

Mit dem Auge des Menschen haben die Augen der warmblütigen Thiere viele Aehnlichkeit. Doch giebt es bei einigen merkwürdige Abweichungen. So ist bei den Katzen,

bei den Eulen und bei einigen andern Thieren die Pupille länglicht. Durch viel darauf fallendes Licht wird sie sehr enge; deswegen sehen diese Thiere an dunkeln Oertern besser, als an hellen. Das Auge der Vögel nimmt einen bedeutenden Raum im Kopfe ein; ihre Crystalllinse ist mehr abgeplattet, die Hornhaut hingegen mehr convex, als im Auge des Menschen. Das Auge der Fische hat, statt der wässerigten Feuchtigkeit, eine zähe Flüssigkeit. Die Crystalllinse sitzt der vordern Haut sehr nahe und ist beinahe kugelförmig. Die Augen einiger Wasservögel haben mit den Fischaugen Aehnlichkeit.

Nun giebt es auch Thiere, welche mit mehr als zwei Augen versehen sind. In den Augen der Insekten breiten sich die Nervenfasern unter der durchsichtigen Hornhaut aus. Manche haben auch mehrflächige Augen; oder vielmehr, in ihnen ist jede Fläche ein eignes Auge, mit einem eignen Nervenfilament. Solche zusammengesetzte Augen sind immer unbeweglich.

2) Das Sehen mit den Augen.

Das Auge und namentlich die Crystallinse desselben, macht von Gegenständen, die vor ihm liegen, ganz auf dieselbe Art Bilder, wie ein convexes Linsenglas sie macht. Von allen Punkten eines Gegenstandes kommen divergirende Strahlen in das Auge und erleiden in demselben eigentlich eine mehrfache Brechung. Schon in der Hornhaut werden sie durch eine schwache Refraction etwas zusammengelenkt und dann wieder in der wässerigten Feuchtigkeit hinter der Hornhaut; die Hauptbrechung aber erleiden sie in der Crystallinse, nachdem sie durch das Lichtloch hindurchgefahren waren. Selbst in der gläsernen Feuchtigkeit werden sie noch etwas gebrochen.

Mittelst dieser Brechungen werden die Strahlen convergirend und vereinigen sich an einem Orte hinter der Crystallinse zu einem Bilde des Gegenstandes, wovon die Strahlen herkamen. Dieser Vereinigungsort befindet sich entweder auf der Netzhaut, oder hinter

ihr, oder vor ihr. Immer aber fallen Strahlen auf die Netzhaut und bewirken daselbst einen Eindruck, der durch den Sehenerven nach dem Gehirne hin fortgepflanzt wird. Dieser Eindruck stellt aber nur dann ein deutliches Bild von dem Gegenstande vor unsere Seele, wenn das Bild auf die Netzhaut fällt, wie es Fig. 3. Taf. V. der Fall wäre, wo cae einen Gegenstand, xdx die Hornhaut, y die Crystallinse des Auges aaaa, und e' a' c' das Bild auf der Netzhaut bedeutet. Dies alles kann man auch an folgendem Versuche sehen. Nimmt man von einem frischen Ochsenauge die dickern Häute hinweg und richtet man das Auge nach einem gut beleuchteten Gegenstande (am besten gegen eine Lichtflamme), so kann man das Bild des Gegenstandes sehr deutlich in der übrig gebliebenen Haut sehen.

Da die Crystallinse sehr klein ist, so hat sie eine sehr kurze Brennweite. Deswegen brauchte auch die Netzhaut, welche die Bilder von so mannigfaltigen Gegenständen auffängt,

gar nicht weit von der Crystallinse entfernt zu seyn.

Wenn sich die Strahlen eines Gegenstandes vor der Netzhaut unseres Auges zu einem Bilde vereinigen, so können wir keinen deutlichen Eindruck von dem Bilde haben, folglich den Gegenstand nicht deutlich sehen. Denn hinter dem Vereinigungsorte laufen die Strahlen immer wieder mehr und mehr aus einander. Sie verbreiten sich also in einem größern Raume auf der Netzhaut, und eben deswegen erscheinen dann alle Theile des Gegenstandes mehr auseinander gezogen und undeutlich. Vereinigen sich die Strahlen hinter der Netzhaut zu einem Bilde (oder würden sie das, wenn die Netzhaut nicht da wäre), so sind sie auch vor der Vereinigung in einem größern Raume auf der Netzhaut ausgebreitet und das Undeutlichsehen des Gegenstandes ist dann auch hiervon wieder die Folge. Es kommt also, um deutlich zu sehen, immer darauf an, daß die in das Auge einfal-

lenden Strahlen auf der Netzhaut genau zu einem Bilde vereinigt werden.

Nun aber ist folgendes in der Natur der Sache und durch Erfahrung gegründet. Wenn man eine Convexlinse hat, welche von Gegenständen, die hinter dem Brennpunkte liegen, ein verkehrtes Bild macht, so befindet sich dieses Bild immer nahe hinter der Linse, so bald es von entfernteren Gegenständen herrührt; es liegt aber weiter von der Linse hinweg, wenn die Gegenstände, die das Bild machen, nahe sind. Dies muß also auch bei Bildern der Fall seyn, welche die Crystalllinse des Auges macht. Ferner weiß man, daß bei einerlei Entfernung von einem Gegenstande und bei zweierlei biconvexen Linsen, die erhabenste (gewölbteste) das Bild eines Gegenstandes am nächsten hinter sich hat. Soll daher sowohl bei Betrachtung eines nähern, als auch eines entferntern Gegenstandes das Bild deutlich auf die Netzhaut fallen, damit man den nähern und entferntern Gegenstand

deutlich sehen könne, so muß mit der Crystalllinse stets eine Veränderung vorgehen; sie muß bei Betrachtung eines nähern Gegenstandes (dessen Bild weiter von der Linse hinwegfällt) mehr von der Netzhaut sich entfernen, oder auch die Linse selbst muß erhabener werden, um auf die eine oder die andere Art das Bild weiter vorwärts zu bringen; bei Betrachtung eines entferntern Gegenstandes hingegen (dessen Bild näher an die Linse fällt) muß die Linse entweder näher an die Netzhaut rücken, oder die Linse selbst muß flacher werden, damit auf die eine oder die andere Art das Bild weiter zurückkomme. Daß wirklich lich mit der Linse solche Veränderungen vorgehen, schließen wir aus der Anstrengung unseres Auges, wenn wir sehr nahe und sehr entfernte Gegenstände kurz hinter einander betrachten.

Indessen sehen wir immer bei einem gewissen Abstande am deutlichsten; die Erfahrung setzt diesen auf 8 bis 12 Zoll fest. Man

nennt ihn den **Abstand des deutlichen Sehens.**

3) Kurzsichtige und weitsichtige Augen.

Obgleich es allerdings viele Augen giebt, welche, innerhalb gewisser Gränzen, sowohl in der Nähe, als in der Ferne, die Gegenstände gleich deutlich wahrnehmen, so giebt es doch auch häufig solche, welche blos in der **Ferne**, und andere, die blos in der **Nähe** deutlich sehen. Ein Auge, das nur in der Ferne deutlich sieht, heißt **weitsichtig** (Presbyta); ein Auge, dem nur in der Nähe die Gegenstände deutlich sind, heißt **kurzsichtig** (Myops). Bei jenem fällt das Bild einer nahen Sache immer **hinter** die Netzhaut, oder über die Netzhaut hinaus; bei diesem fällt das Bild einer entfernten Sache immer **vor** die Netzhaut, oder zwischen die Netzhaut und die Crystalllinse.

Menschen, die weit öfter entfernte, als nahe Gegenstände genau betrachteten (wie Jäger, Bauern &c.), sind gewöhnlich weit-

sichtig; andere, die weit öfter nahe als entfernte Gegenstände genau ansahen (wie Gelehrte), sind gewöhnlich kurzsichtig. Durch Uebung kann nämlich das Auge eben so gestärkt werden, als andere Glieder des menschlichen Körpers; es kann aber auch eben so verwöhnt werden. So kann die Crystallinse (der Bauern, der Jäger rc.) durch öftere Betrachtung entfernter Gegenstände, deren Bilder nahe an die Linse fallen, sich so gewöhnt haben, daß sie ihren Ort nahe an der Netzhaut nicht leicht wieder verläßt, oder auch, daß sie ihre flacher gewordene Gestalt beibehält. Eben so kann die Crystallinse (der Gelehrten rc.), durch öftere Betrachtung naher Gegenstände, aus ihrer weitern Entfernung von der Netzhaut nicht wieder herausgehen, oder ihre erhabner gewordene Gestalt nicht eigenmächtig wieder abändern. Das Nähern oder Entfernen der Crystallinse zu und von der Netzhaut kann übrigens durch Veränderung des Augapfels mittelst der Augenmuskeln geschee-

hen, und dann braucht man gar kein Flacherwerden und Erhabnerwerden der Crystallinse selbst anzunehmen. Wenn z. B. der Augapfel, Fig. 3, von x d x nach e' a' c' zu, flacher gedrückt wird, folglich nach a t a und a t a zu mehr in die Höhe geht, so kommt die Crystallinse y der Netzhaut e' a' c' begreiflich näher; wenn aber das Zusammendrücken des Augapfels nach der andern Richtung von a t a nach a t a zu geschieht, so entfernt sich die Crystallinse mehr von der Netzhaut. Das eine oder das andere kann leicht zur Gewohnheit werden, so daß der Augapfel zuletzt in der gewohnten Form stehen bleibt, und dann ist der eine oder der andere der genannten Augenfehler da.

Gesetzt, C D, Fig. 1. Taf. V., bedeute die Crystallinse des Auges, R R die Netzhaut, A B einen Gegenstand vor dem Auge, a b das (verkleinerte und verkehrte) Bild auf der Netzhaut, so wird folgende Erklärung die Beschaffenheit des deutlichen und undeutlichen Sehens noch klarer machen.

Wenn sich die Entfernung des Gegenstandes AB von der Crystallinse CD vergrößert, so fiele, sobald mit der Gestalt der Crystalllinse oder mit dem ganzen Augapfel keine Veränderung vorginge, das Bild ab vor die Netzhaut, etwa an die Stelle der punktirten Linie $\alpha\beta$. Es könnte also nun kein ordentlicher Lichteindruck mehr auf der Netzhaut statt finden. Kann aber die Crystalllinse, mit jedem Augenblicke der größern Entfernung des Gegenstandes, flacher werden, so bekommt sie dadurch eine größere Brennweite, folglich auch eine größere Bildweite, und dadurch wäre es allerdings möglich, daß nun das Bild nicht mehr vor, sondern auf die Netzhaut fiele. Oder kann, statt des Flacherwerdens der Linse, der Augapfel in der Richtung von x d x nach e′a′c′ flacher werden, so ist es wieder möglich, daß dadurch die Crystalllinse der Netzhaut nahe genug kommt, um jetzt das Bild auf die Netzhaut zu bringen.

Ist nun die Entfernung des Gegenstandes

AB von dem Auge fast immer groß (bei der beinahe steten Betrachtung entfernter Gegenstände), so bleibt die Crystallinse CD, oder auch der ganze Augapfel, gleichsam durch eine Art von Verhärtung, in dem einmal gewohnt gewordenen Zustande, d. h. hier: Crystallinse oder Augapfel behalten ihre Flachheit bei, und das Auge ist dann weitsichtig. Betrachtet es nämlich nahe Gegenstände, so sieht es diese nicht deutlich, weil ihr Bild weiter von der Crystallinse hinweg, folglich hinter die Netzhaut fällt, etwa in die Gegend mn, und weil die Crystallinse, eben jener angenommenen Verhärtung derselben oder des Augapfels wegen, nicht mehr im Stande ist, entweder erhabener zu werden oder sich weiter von der Netzhaut zu entfernen, um das Bild auf die Netzhaut zu bringen.

Will man aber doch mit solchen weitsichtigen Augen auch in der Nähe deutlich sehen, so muß man erhabene Linsengläser oder convexe Brillen vor die Augen hal-

ten. Diese Gläser bringen, wie wir längst wissen, alle hineinfallenden Strahlen näher zusammen; stark divergirende machen sie weniger divergirend; manche divergirende machen sie auch wohl convergirend, und convergirende machen sie noch mehr convergirend. Mittelst solcher Gläser kommen also die Strahlen näher an einander gebracht ins Auge und dadurch verkürzen sie die Entfernung des Bildes von der Crystalllinse so, daß es wohl ordentlich auf die Netzhaut fallen kann. — Wirklich sind die Augengläser oder Brillen der Jäger und Bauern, wodurch sie z. B. lesen, in der Regel immer convex.

Wenn ein Gegenstand, den man betrachtet, näher an der Crystalllinse C D liegt, so fällt das vollkommene Bild a b dieses Gegenstandes weiter von der Crystalllinse hinweg; es fällt dann gleichsam hinter die Netzhaut, etwa an die Stelle m n. Daher kann nun die Netzhaut wieder keinen ordentlichen Lichteindruck empfinden. Kann aber die Crystalllinse,

bei der geringen Entfernung des Gegenstandes vom Auge, erhabener werden, oder kann sie durch Zusammendrückung des Augapfels von ata nach ata (von oben nach unten) weiter von der Netzhaut hinwegrücken, so kann dadurch das Bild auch wieder auf die Netzhaut gelangen.

Hat nun das Auge fast immer nahe Gegenstände zu betrachten, ist folglich die Entfernung des Gegenstandes A B von der Crystallinse C D fast immer gering, so bleibt letztere wieder durch die Gewohnheit entweder stets in dem erhabner gewordenen Zustände oder in der größten Entfernung von der Netzhaut. Das Auge ist also nun kurzsichtig.

Betrachtet das kurzsichtige Auge entfernte Gegenstände, so sieht es diese nicht deutlich, weil das Bild derselben näher an die Crystalllinse, folglich vor die Netzhaut, etwa an die Stelle $\alpha\beta$ fällt, und weil die Crystallinse durch die angenommene Art von Verhärtung nicht mehr flacher werden, auch nicht mehr

durch eine Veränderung der Gestalt des Augapfels der Netzhaut sich nähern kann, um das Bild auf die Netzhaut zu bringen.

Solche kurzsichtige Augen können aber doch durch Linsengläser sich helfen, und zwar durch hohle Linsen oder concave Brillen. Diese zerstreuen nämlich die Strahlen; sie machen, daß die Strahlen von Gegenständen mehr divergirend ins Auge kommen; sie verlängern hinter der Crystalllinse die Brennweite und Bildweite derselben, und setzen das Bild so weit hinter die Linse, daß es ordentlich auf die Netzhaut fallen muß. — So sind die Augengläser oder Brillen der Gelehrten in der Regel blos Hohlgläser.

4) Auswahl der Brillen.

Bei verschiedenen Menschen ist auch fast immer der Grad der Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit sehr verschieden; und deswegen müssen auch die Augengläser einen eben so verschiedenen Grad von Convexität und Concavität

besitzen. Je weitsichtiger das Auge ist, desto erhabener oder gewölbter muß das Glas seyn, womit es in der Nähe sehen will; je kurzsichtiger das Auge ist, desto hohler muß das Glas seyn, womit es in die Ferne sehen will.

Sowohl das weitsichtige, als auch das kurzsichtige Auge ist immer ein krankes Auge, und die Brille für dasselbe ist stets eine Krücke. Daher sind die sogenannten Conservirbrillen für gesunde Augen wahre Undinge; es ist wenigstens sehr unvernünftig, wenn Menschen mit gesunden Gliedmaßen Krücken gebrauchen wollen. Hat aber das Auge einen von jenen Fehlern, so muß man bei der Auswahl der Gläser für dasselbe sehr vorsichtig seyn. Man darf keine zu scharfe Brille nehmen, womit man zu gut oder zu genau sehen kann, sondern eine solche, womit man nur etwas besser zu sehen vermag, als mit bloßen Augen. Das Glas zu den Brillen muß in der Masse sehr rein, ohne Farbestoff, ohne Grübchen, ohne Körnchen, ohne Blasen, ohne

Wol-

ken und ohne Streifen seyn. Convexität und Concavität des Linsenglases muß einen ganz vollkommenen Abschnitt einer Kugel ausmachen. Es muß daher genau geschliffen und möglichst schön polirt seyn. In Formen gegossene Brillengläser, wie wir sie aus manchen Fabriken (freilich zu äußerst wohlfeilen Preisen) erhalten, taugen nichts; sie ruiniren nur die Augen immer mehr. Einen polirten Rand, oder eine Facette sollte keine Brille haben. Jede gute Brille muß die Schrift scharf, schwarz und unverzogen darstellen, nicht blos in der Mitte der Gläser, sondern auch am Rande.

Auch auf eine gute Fassung der Brillen kommt viel an. Eine gute Fassung muß nämlich so eingerichtet seyn, daß sie beim Gebrauch die Gläser immer in gleicher Entfernung und Richtung vor die Augen hält. Die sogenannten Draht- oder Klemmbrillen (auch Nasenklemmer genannt) sind daher tadelnswerth, weil sie nicht leicht in einerlei Richtung und

Entfernung auf die Nase geklemmt werden können. Weit besser sind die Fassungen mit solchen Seitenflügeln, welche sich hinter die Ohren haken lassen. Die Glasfassungen dazu, entweder kreisrund oder, nach der Form der Augen, oval, dürfen nicht zu klein seyn, damit das Auge, wenn es etwas zur Seite sieht, nicht immer auf den undurchsichtigen Rand blickt, und damit auch kein Seitenlicht ins Auge komme, das nicht durch das Glas gegangen ist.

Man pflegt die Brillen nach ihrer Brennweite zu numeriren. Je kleiner die Brennweite, folglich auch die Nummer ist, desto schärfer ist die Brille. So ist Nro. 20 schärfer als Nro. 30. So ist Nro. 10 schärfer als Nro. 20 u. s. w. Je weitsichtiger und je kurzsichtiger das Auge ist, desto schärfer muß die Brille für das Auge seyn. Aber, wie schon gesagt, man darf ja keine zu scharfe wählen, lieber eine etwas schwächere, als man eigentlich zum recht deutlichen Sehen nöthig hätte.

Die Brennweite zu finden, die ein convexes oder concaves Glas haben muß, um einem gewissen Grade von Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit abzuhelfen, dient folgende Regel: Man multiplicirt den gewöhnlichen Abstand des deutlichen Sehens (10 Zoll) mit demjenigen Abstande, in welchem das fehlerhafte Auge deutlich sieht und dividirt das Produkt durch die Differenz dieser beiden Abstände. Sähe z. B. das fehlerhafte Auge auf 6 Zoll deutlich, so gäbe 10 mal 6 = 60 dividirt durch 10 weniger 6 d. h. durch 4 die Nummer oder Brennweite des für das kurzsichtige Auge nöthigen Glases zu 15 Zoll an. Nun ist es aber, wie schon gesagt, rathsam, im Anfange lieber Gläser mit längern als mit kürzern Brennweiten (lieber etwas höhere, als niedrigere Nummern) zu wählen.

Manche Menschen legen den Brillen mit grünen Gläsern eine vorzügliche Erhaltungskraft bei. Dies ist aber blos ein Vorurtheil. Denn wirklich ist der Gebrauch solcher

grüner Brillen dem Auge schädlich. Nur als Gegenstand ist die grüne Farbe dem Auge angenehm; als Mittel zum Sehen ist sie durchaus nachtheilig; als solches vermehrt sie nur die Gesichtsschwäche, wie auch die Erfahrung bewiesen hat.

Vor einigen Jahren hat der Engländer Wollaston die sogenannten periskopischen Brillen erfunden, womit es folgende Bewandniß hat.

Wer Augengläser gebraucht, sieht eigentlich nur diejenigen Gegenstände ganz deutlich, welche in die Axe der Gläser fallen. Durch die Ränder geschieht das Sehen nie so deutlich und getreu, wegen der starken Brechung, welche die Strahlen daselbst erleiden, und wegen der daraus entstehenden beträchtlichen Abweichungen. Deshalb kann man mit solchen Augengläsern immer nur wenige Gegenstände auf einmal sehen. Man muß stets den Kopf drehen, um andere Gegenstände in die Axe der Gläser zu bringen, wenn man andere Gegen-

stände sehen will. In vielen Fällen hat dies allerdings manche Unbequemlichkeit, z. B. beim Betrachten einer schönen Gegend, auf der Jagd ꝛc.

Da Wollaston bemerkt hatte, daß man, weil die Pupille nur eine sehr kleine Oeffnung ist, nie auf einmal durch den ganzen Umfang desselben Glases blickt, sondern daß man nach und nach mittelst der unmerklichen Bewegung des Auges durch verschiedene Punkte des Glases sieht; so brachte ihn dies auf den Gedanken, den Augengläsern nicht die gewöhnliche Form zu geben, wodurch man viele Strahlen in einen der Axe des Glases entsprechenden Brennpunkt vereinigt, sondern die Gläser lieber so zu schleifen, daß das Auge durch alle Punkte des Glases gleich gut sehen muß, man möchte es auch drehen, wohin man wollte. Deswegen gab er ihnen wirklich eine solche gewölbte Form, daß sie den von allen Seiten kommenden Lichtstrahlen überall fast dieselbe Krümmung darboten. Er nannte diese neuen

Gläser periskopische, d. h. solche, womit man rund um sich herum sehen kann. Sie wurden bald auch von den Gebrüdern Dollond verfertigt.

Auch der Franzose Cauchoix in Paris fabricirte bald darauf periskopische Lorgnetten von verschiedener Brennweite. Anfangs ahmte er bei ihnen fast ganz die Krümmung des Augapfels nach, so, daß das Auge nach allen Seiten dieser Gläser eben so gut sah, wie durch den Mittelpunkt derselben. Aber wenn man durch sie in die Flamme eines Lichts oder in sonst etwas Glänzendes sah, so wurden die von der zweiten Oberfläche des Glases reflectirten Strahlen noch einmal von der ersten reflectirt und nach hinten hin geführt; und da die zweite Oberfläche des Glases eine von der Oberfläche des Augapfels wenig verschiedene Form hatte, so convergirten die so gesammelten Strahlen in der Nähe der Netzhaut und brachten da Nebenbilder zum Vorschein, welche das Hauptbild störten und undeutlich

machten. Dies mußte dem Auge oft sehr übel thun.

Cauchoix plattete, um diesem Fehler abzuhelfen, jene Fläche so weit ab, daß der Brennpunkt derselben über die Netzhaut hinaus fallen mußte, damit kein abgesondertes Bild mehr entstand. Und doch brachte er dadurch einen größern Gesichtskreis, als durch die gewöhnlichen Gläser hervor. Seine Gläser wurden von Personen, die sie gebrauchten, sehr gelobt.

Der Gebrauch eines einzelnen Glases für Ein Auge ist immer nachtheilig. Die Augen werden dadurch sehr ungleichförmig, und leicht ist es zu begreifen, daß man so ein immer schlechteres und schlechteres Gesicht bekommen muß.

Besonders vorsichtig in der Wahl und in dem Gebrauch der Brillen müssen diejenigen Personen seyn, welche sehr schwache Augen besitzen. Nach den Erfahrungen der berühmtesten Augenärzte sind die brennendschwarzen

oder die recht dunkelbraunen Augen die schwächsten. Graue und blaue Augen können unter ähnlichen Umständen schon weit mehr Anstrengung vertragen, als jene. Die Dauerhaftigkeit und Schärfe des Gesichts steht im genauesten Verhältnisse mit der verschiedenen Farbe der Augen, und zwar so, daß die Brauchbarkeit mit der bleichern Farbe des Sterns zunimmt, mit der dunklern Farbe hingegen abnimmt. So können z. B. dunkelblaue Augen viel weniger Aufwand von Sehekraft vertragen, als graue; braune Augen darf man schon viel weniger anstrengen, als dunkelblaue ꝛc. Auch sind dunkel gefärbte Augen viel leichter manchen Gesichtsfehlern, wie z. B. dem schwarzen Staar ausgesetzt. Können nun fehlerhafte und zu scharfe Brillen schon die besten Augen verderben, um wie viel eher wird dieses bei schwachen Augen der Fall seyn. Daß Staar-Operirte damit noch ganz besonders vorsichtig seyn müssen, ist sehr leicht einzusehen.

5) Die kleinen verkehrten Bilder auf der Netzhaut und die doppelten Bilder in beiden Augen.

Weil die Crystallinse so klein ist und weil die Netzhaut, welche die Bilder der Gegenstände auffängt und den Eindruck derselben, mittelst des Sehenervens, bis zum Gehirne hin fortleitet, nahe hinter der Crystallinse liegt, so muß auch das Bild jedes Gegenstandes viel viel kleiner seyn, als der Gegenstand. Und doch sehen wir die nahe um uns herum befindlichen Gegenstände von der natürlichen Größe? — Ganz begreiflich! Unser Urtheil über die wahre Größe eines Gegenstandes kann ja nicht vom Bilde allein bestimmt werden; wir müssen erst (wie weiter unten vollständig erläutert werden soll) von Kindheit an vielfältige Erfahrungen und Uebung erlangt haben, um daraus über die Größe eines mit den Augen wahrgenommenen Gegenstandes ein ordentliches Urtheil fällen zu können.

Die Bilder aller Gegenstände liegen verkehrt auf der Netzhaut. Und doch sehen wir

alle Gegenstände aufrecht! Wir sind uns nämlich dieser verkehrten Bilder nicht bewußt, weil alle Bilder im Auge unter sich selbst dieselbe Lage haben, wie die zugehörigen Gegenstände; alle haben dasselbe räumliche Verhältniß zu einander, welches die Gegenstände unter einander besitzen. Beim Sehen kommt es ja nicht darauf an, was das Bild für eine Lage auf der Netzhaut hat, wenn diese Lage nur in Beziehung der Lagen gegen alle Theile des Ganzen dieselbe ist, wie bei den Gegenständen. In der zartesten Kindheit haben wir ohnstreitig nicht gewußt, was oben und unten ist; erst durch Erfahrung haben wir gelernt, das für unten zu halten, was der Erde am nächsten sich befindet. Da nun das Bild, durch öftere Wiederholung des Sehens, stets einerlei Lage auf der Netzhaut hatte, so mußte unser Urtheil über oben und unten nach und nach durch Vergleichungen entstehen. Nur allmählich bekam unsere Seele die gehörigen Vorstellungen davon.

Bedenken wir demnach, daß alle Gegenstände sich verkehrt auf der Netzhaut abbilden, daß wir folglich immer dasjenige oben sehen, was nach unseren einmal erhaltenen Begriffen oben ist, nämlich das entferneste von der Oberfläche der Erde, während dasjenige unten heißt, was der Erd-Oberfläche am nächsten ist; so wird uns nicht leicht ein Gedanke über das Verkehrtseyn des Bildes auf der Netzhaut einfallen. Verkehrt sehen wir das Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut, wenn das, was an dem Gegenstande das unterste ist, auf einem höher liegenden Theile der Netzhaut, und das, was an dem Gegenstande das höchste ist, auf einem niedriger liegenden Theile der Netzhaut sich abbildet. Wenn sich nun aber Alles verkehrt auf der Netzhaut abbildet, so bildet sich ja auch die Oberfläche der Erde auf dem höchsten Theile der Netzhaut ab, so bilden sich auch alle übrigen Gegenstände dergestalt auf ihr ab, daß was vorher oben und unten war, es auch jetzt

noch ist; folglich bleibt Alles beim Alten, d. h. Alles bleibt für unsere Seele aufrecht.

Nehmen wir z. B. ein Fernrohr (ein astronomisches Fernrohr), welches die Gegenstände, die man dadurch sieht, unserm Auge in umgekehrter Lage präsentirt, so können wir da schon eher vom Verkehrtseyn des Bildes reden. Denn nur die Gegenstände, welche man auf einmal mit dem Fernrohre übersieht, haben jetzt eine andere Lage, als die übrigen Gegenstände, die an jene angränzen, und nur in Beziehung auf die Lage jener Gegenstände können wir diese verkehrt nennen.

Wenn man ein Gemälde umkehrt, so behalten doch alle Gegenstände auf dem Gemälde, in Beziehung auf das ganze Gemälde, noch immer einerlei Lage gegen einander. So stehen z. B., wenn es eine Landschaft vorstellt, noch alle Bäume, Häuser, Menschen 2c. mit ihrem untersten Theile auf dem Erdboden, welcher auf dem Gemälde als solcher abgebildet ist. Kein Gegenstand auf dem Gemäl-

de steht in dieser Beziehung verkehrt. Das ganze Gemälde steht blos verkehrt in Hinsicht der außer ihm befindlichen Gegenstände.

So ist auch blos Gewohnheit, und beständige Uebung von Kindheit an, die Ursache, daß wir mit zwei Augen nicht doppelt sehen, weil eigentlich zwei Augen, also zwei Crystalllinsen, zwei Bilder auf zwei Netzhäuten machen. Wir haben nämlich, von der frühesten Jugend an, gelernt, daß, wenn zwei übereinstimmende Punkte auf den beiden Netzhäuten gerührt werden, der Eindruck des Bildes auf diese Häute, folglich der Gegenstand selbst, für unsere Seele nur einfach ist. Fallen aber die Bilder einmal nicht auf solche übereinstimmende Stellen der Netzhaut, z. B. durch das Schiefsehen, oder durch das Verdrehen der Augen, oder durch einen nur dem einen Auge mitgetheilten Druck u. dgl., so sehen wir die Gegenstände auch wirklich doppelt. Den Versuch hierüber kann Jeder leicht anstellen.

Mit dem Fühlen hat es ohnstreitig dieselbe Bewandniß. Mit zwei Fingern sollten wir eigentlich jeden Gegenstand doppelt, mit fünf Fingern fünffach fühlen. Aber auch hier empfindet unsere Seele, wegen der steten Wiederholung und Uebung, den Eindruck jedes einzelnen Gegenstandes auch nur einfach. Fühlen wir einmal einen Gegenstand (z. B. eine Erbse oder ein anderes kleines Kügelchen) mit zwei über einander geschlagenen Fingern, folglich auf eine ungewöhnliche Art an, so glauben wir wirklich zwei solche Gegenstände zwischen den Fingern zu haben.

6) Dauer des Licht-Eindrucks im Auge.

Der Eindruck, den das Licht im Auge macht, ist immer von einiger, wenn auch nur sehr kurzer Dauer. Sehen wir einen hellen Gegenstand an und schließen gleich darauf unsere Augen, so haftet doch noch eine ganz kurze Zeit das Bild des Gegenstandes in dem Auge. Je heller der Gegenstand war, desto

länger dauert jener Eindruck. So dauert er z. B. länger, wenn man in die Sonne gesehen hatte und gleich darauf das Auge schloß, als wenn man in den Vollmond sah. Befindet man sich in einem mit Gitterläden verschlossenem Zimmer, und scheint die Sonne auf einen solchen Gitterladen, den man einmal ansah, so hat man, nach dem Schließen der Augen, eine kurze Zeit noch deutlich das Bild des Ladens in den Augen. Schwingt man einen brennenden Fidibus, eine glühende Kohle oder einen andern glühenden Körper sehr schnell im Kreise herum, so sieht man einen ganzen glühenden Kreis, obgleich nur ein einziger brennender oder glühender Körper da ist, der nur stets an irgend einer Stelle der Kreisperipherie sich befindet.

Das letztere Beispiel (dessen Erscheinung man auch deutlich an schnell umlaufenden Feuerrädern, Windflügeln u. dgl. wahrnimmt) ist ganz vorzüglich dazu geeignet, den einige Zeit dauernden Eindruck des Lichts in den Augen

zu beweisen. Der leuchtende, im Kreise herum geschwungene Körper ist jeden nachfolgenden Augenblick in einem andern und andern Punkte der Kreisperipherie. Während er sich in einem Punkte dieser Peripherie befindet, und von sich ein Bild im Auge macht, sind, wegen der schnellen Drehung, die Eindrücke aller vorhergehenden Punkte der ganzen Peripherie auch noch als Bilder im Auge; folglich sehen wir einen ganzen leuchtenden Kreis. Man muß aber den Körper wenigstens so schnell herumschwingen, daß er in einer halben Sekunde einmal herumkommt. Denn so lange dauert gewöhnlich der Eindruck eines Bildes im Auge.

Legt man ein durchlöchertes Blech ruhig auf ein bedrucktes oder beschriebenes Blatt Papier, so kann man nichts lesen, wenn das Loch des Blechs nicht größer ist, als die Größe eines einzigen Buchstabens. Fährt man aber mit dem Bleche schnell über den Zeilen des Papiers hin, so kann man wirklich das Le-

sen verrichten, weil von allen denjenigen Buchstaben, über welche die kleine Oeffnung des Blechs schnell hinweggeht, ein ununterbrochener Eindruck in unserm Auge bleibt.

Eine solche kleine Dauer des Licht-Eindrucks im Auge hat allerdings bei manchen Beobachtungen von Gegenständen, hauptsächlich von solchen, die man recht scharf und genau wahrnehmen will, manchen Nutzen, z. B. bei astronomischen Beobachtungen, bei telegraphischen Observationen u. s. w. Den Gebrauch der Telegraphen verdanken wir überhaupt der ungeheuren Geschwindigkeit des Lichts (S. 5.). Denn wenn ein Gegenstand auf der Erde auch noch so weit von uns ist, so sehen wir ihn auch schon in demselben Augenblicke, wo Licht von ihm hinweg in unser Auge strömt.

Bleibt der Eindruck eines Bildes auf der Netzhaut viel länger, als gewöhnlich, zuweilen bedeutend lange, so zeugt dieses von einer großen Schwäche des Gesichtsorgans; es ist

dann nämlich unfähig, sich leicht wieder herzustellen. Man hat bemerkt, daß solche Bilder bei Augenkrankheiten 14 bis 15 Minuten sich erhielten, ehe sie sich gleichsam völlig wieder auslöschten.

Mit merkwürdigen Farben-Erscheinungen sind auch oft solche Bilder auf der Netzhaut verbunden. Hat man in ein verfinstertes Zimmer durch eine kleine Oeffnung einen dünnen Strahlenbüschel hineinfallen lassen und denselben mit einer weißen Tafel aufgefangen, so wird man, wenn man einige Zeit den hellen runden Kreis betrachtet hatte, nach Verschließung des Lochs oder beim Hineinblicken in das Dunkel, die leuchtende Kreisfläche noch sehen; und zwar wird sie in der Mitte beinahe farbenlos (blos etwas gelblich) seyn, der Rand hingegen purpurfarbig. Diese Purpurfarbe zieht sich allmählig ins Innere. Ist aber die ganze Kreisfläche purpurfarbig, so erscheint der Rand blau. Das Blau zieht sich dann gleichfalls in die Mitte. Nach einiger Zeit

wird der Rand dunkel und farbenlos, und auch dieses Dunkel zieht sich zuletzt nach der Mitte.

Wenn man aber, nachdem jenes Sonnenbild (oder jener helle Kreis) eine Zeitlang auf das Auge gewirkt hat, auf eine hellgraue Fläche in einem mäßig erleuchteten Zimmer sieht, so erblickt man vor dem Auge einen dunkeln Kreis, der am Rande grün wird. Dieses Grün zieht sich gegen die Mitte. Bald darauf verwandelt sich das Grün in Gelb, welches immer dunkler und zuletzt unfarbig wird.

Hat man einen lebhaft gefärbten Flecken auf weißem Grunde etwas lange unverwandt angesehen, und wendet man nachher das Auge auf ein weißes leeres Papier, so erblickt man einen ähnlichen, aber anders gefärbten Flecken. Dieser ist z. B. roth, wenn die Farbe, welche das Auge früher empfing, grün war. Richtet man das Auge nicht auf einen weißen, sondern auf einen gefärbten Grund, so verändern sich auch die Farben, welche man sieht, auf mancherlei Art.

Hält man ein schwarzes Bild vor eine graue Fläche, sieht es unverwandt an, und nimmt hierauf das Bild hinweg, so erscheint der Raum, den es eingenommen hatte, um vieles heller. Wird auf dieselbe Art ein weißes Bild hingehalten, so sieht jener Raum nachher dunkler aus, als die übrige Fläche. Wendet man das Auge vor der Tafel hin und her, so werden in beiden Fällen auch die Bilder sich hin und her bewegen.

Hat man eine Zeitlang durch ein grünes Glas ins Freie gesehen, so erscheint dem Auge kurz nachher jeder weiße Grund roth. Und so kann das Auge überhaupt noch manche ähnliche physiologische Farben-Erscheinungen haben, welche von eigenthümlichen Reizen der Netzhaut entstehen.

Siebentes Kapitel.

Die Schonung und Erhaltung der Augen und die gewöhnlichen Augenübel.

Wie mancher Mensch, in der Jugend mit den besten Augen versehen, hat diese edelsten Organe durch Sorglosigkeit oder unvorsichtigen Gebrauch derselben verdorben, ist dadurch nicht blos kurzsichtig geworden, sondern hat oft noch viel ärgere Augenübel hervorgelockt, Uebel, die ihn nicht selten den größten Theil seines nachfolgenden Lebens verbitterten! Und doch wäre es in den meisten Fällen so leicht gewesen, die Augen zu conserviren, wenn nur folgende Regeln beobachtet worden wären.

1) Bei Arbeiten, die man verrichtet, und bei allen andern Gelegenheiten, muß man darauf sehen, daß man stets ein gleichförmiges Licht erhält. Ist es bald hell, bald

dunkel, besonders in großem Verhältnisse (wenn z. B. eine Kerze bald hell, bald dunkel brennt), so leiden die Augen darunter. Deswegen ist auch

2) Bei dem Gebrauch von Lichtschirmen viele Vorsicht nöthig. Solche Lichtschirme taugen nichts, die einen Theil des Zimmers sehr merklich verdunkeln. Denn nichts ist dem Auge schädlicher, als Licht mit scharf angränzendem Schatten. Die grünen matten durchsichtigen Lichtschirme, z. B. die papiernen von dieser Art (auch wohl matte durchscheinende weiße), die das Zimmer nur unmerklich verfinstern, sind daher die besten. So sind auch über Lampen und Kerzen die matten durchscheinenden weißen (aus Porcellan oder Email) sehr gut.

3) Alle Erleichterungsmittel, die man dem Auge durch Dunkelheit verschaffen will, erfordern überhaupt viele Vorsicht. So können auch am Tage alle künstliche Verdunkelungen, selbst mit grünen Vorhän-

gen, schädlich seyn, theils wegen der größern Anstrengungen der Augen an dem dunkeln Orte selbst, theils weil noch immer Ritzen oder andere Stellen offen bleiben, durch welche das helle Licht in die Dunkelheit dringt.

4) Vor dem öftern und plötzlichen Uebergange aus dem Dunkeln ins Helle, sowie aus dem Hellen ins Dunkle, muß man sich sehr in Acht nehmen, z. B. des Abends aus einer großen Dunkelheit in ein stark erleuchtetes Zimmer, oder am Tage beim Sonnenschein an einen sehr dunkeln Ort, wie in einen Keller, in ein verfinstertes Schauspielhaus u. dgl., oder auch umgekehrt aus diesen dunkeln Orten in das helle Tageslicht zu gehen. In allen diesen Fällen, besonders beim Uebergange aus dem Dunkeln in das Helle, ist es sehr rathsam, das Auge erst halb zu verschließen und es allmählig mehr und mehr zu öffnen. Sitzt man in einem dunkeln Zimmer und auf einmal wird ein brennendes Licht gebracht, so beobachte man dieselbe Vorsicht.

5) Ungemein schädlich für die Augen ist es, im Dunkeln dem Blitzen zuzusehen. Schon oft sind Menschen durch ein solches unvorsichtiges Benehmen blind geworden.

6) Bei zu grellem Lichte muß man nie solche Arbeiten verrichten, wozu eine Anstrengung des Gesichts erforderlich ist. Hauptsächlich hat man solche Arbeitszimmer zu vermeiden, in die das Sonnenlicht von gegenüber liegenden weiß angestrichenen Wänden reflectirt wird.

7) Im Schnee zu gehen, worauf die Sonne scheint, ist den Augen sehr nachtheilig.

8) Nie sollte das freie Tageslicht und noch viel weniger das volle oder reflectirte Sonnenlicht die Augen des Schlafenden treffen. Man sollte immer so im Bette liegen, daß man beim Erwachen in keine auffallende Helligkeit sieht.

9) Beim Schreiben und Lesen muß man sich so setzen oder stellen, daß das Licht von der linken Hand einfällt, folglich beim

Schreiben der Schatten (wenn man mit der rechten Hand schreibt) sich rechts von der Feder befindet.

10) In der Dämmerung, oder an einem eben so dunkeln Orte, sollte man nie schreiben und lesen, weil dadurch die Augen anhaltend angestrengt werden. Das Lesen des Abends bei zwei oder drei Lichtern ist den Augen zuträglicher, als bei einem.

11) Gut ist es beim Gebrauch der Augen, wenn man öfters in den Beschäftigungen abwechselt, damit das Gesicht eine Art von Erholung oder Ruhe erhält.

12) Sehr wohlthuend und stärkend ist es für die Augen, wenn man sie oft in die freie Luft, vornehmlich auf grüne Wiesen und in grüne Wälder bringt, wo man sie auch mit Sehen in die Ferne beschäftigen kann.

Das schrecklichste Augenübel ist ohnstreitig der schwarze Stahr. Er besteht in einer Lähmung oder Unempfindlichkeit des

Sehenervens und der Netzhaut. Hornhaut und Crystallinse sind durchsichtig und gesund; sie machen auf der Netzhaut ein Bild; aber dieses Bildes Eindruck wird nicht nach dem Gehirne hin fortgepflanzt. Hier kann keine Operation helfen, und überhaupt ist der schwarze Stahr in den meisten Fällen inkurabel. Das Bild liegt in solchen Augen eben so ohne Wirkung auf der Netzhaut, wie es in einer kleinen dunkeln Kammer (einer Camera obscura, welche man auch in Form eines großen Auges hat) auf dem matt geschliffenen Glase derselben liegt.

Der graue Stahr kann in den meisten Fällen kurirt werden. Er besteht in der Verdunkelung oder in dem Undurchsichtigwerden der Crystallinse. Durch das Stahrstechen wird diesem Uebel abgeholfen. Man zieht nämlich die Crystallinse mittelst der Stahrnadel oder des Stahrmessers heraus, oder drückt sie hinweg, nachdem mit diesem Messer ein kleiner Schnitt in die Horn-

haut bis an die Pupille gemacht worden war. So wie die Crystallinse hinweg ist, so tritt an ihre Stelle augenblicklich eine andere durchsichtige Feuchtigkeit, welche, da sie in der Höhlung (worin vorher die Crystallinse war) dieselbe Gestalt, wie die Crystallinse erhält, die Strahlen auch eben so bricht und eben solche Bilder auf der Netzhaut macht, als die Crystallinse. Viele Operirte müssen indessen sich nachher der Stahrbrillen bedienen, um die Brechung zu verstärken, damit die Vereinigungspunkte der Strahlen (woraus sich die Bildweite ergiebt) nicht zu weit hinter die Netzhaut fallen. — Sowohl mit grauem, als mit schwarzem Stahr werden manche Menschen geboren; manche haben aber das Unglück, diese Uebel erst während ihres Lebens zu erhalten.

Wenn blos die Hornhaut trübe oder undurchsichtig geworden ist, so sagt man, das Auge habe ein Fell. Durch äußere Mittel (eine Art chemischer Beitzmittel) kann man

die Hornhaut bisweilen wieder durchsichtig machen.

Manche Augen sehen beständig, wenn man sie nach hellen Gegenständen richtet, Flecken, bunte Streifen, Netze u. dgl. vor sich hin schwimmen. Wahrscheinlich deuten diese auf einige unempfindliche Stellen auf der Netzhaut. Durch Stärkung des Auges verlieren sie sich oft in Jahresfrist; durch Schwächung des Auges nehmen sie an Größe zu. Eine Ungleichheit in der Güte der Augen bewirkt das Schiefsehen und das Schielen. Das gut sehende Auge richtet man auf die wahrzunehmenden Gegenstände, das schwache hingegen läßt man ruhen. Man kann diesem Fehler oft dadurch abhelfen, daß man durch öfteres Verschließen (oder Zubinden) des guten Auges das schwache Auge zum Sehen anstrengt und übt und dadurch die Kraft desselben zu stärken sucht.

Manche Augen sehen falsch; manche sehen nur des Nachts deutlich, noch andere sehen keine Farben u. dgl.; lauter

Uebel, die theils von einer ungewöhnlichen, fehlerhaften Beschaffenheit der Feuchtigkeiten in den Augen, theils von Entzündungen, theils von zu großer Empfindlichkeit der Pupille und von sonstigen Umständen herrühren.

Achtes Kapitel.

Sehewinkel oder scheinbare Größe der Gegenstände, welche wir sehen.

Jeder Gegenstand erscheint uns, seiner Größe nach, zwischen geraden Linien, die wir uns von den Gränzpunkten desselben nach unserm Auge hin gezogen gedenken. Diese geraden Linien machen an unserm Auge Winkel, welche **Sehewinkel, optische Winkel** oder **scheinbare Größe** des Gegenstandes genannt werden.

Bedeutet AB, Fig. 4. Taf. V., einen Gegenstand, seiner Höhe nach, z. B. einen Menschen, einen Thurm, einen Baum, einen Pfahl u. dgl., und befindet sich bei a ein Auge, das diesen Gegenstand beobachtet, so bilden die geraden Linien aA und aB, nach dem obersten und untersten Punkte des Gegen-

standes gezogen, bei a die scheinbare Größe des Gegenstandes oder den Sehewinkel seiner Höhe.

Bei einerlei Entfernung des Auges von Gegenständen ist natürlich der Sehewinkel desto größer, je größer die Gegenstände sind. So ist z. B. dieser Winkel bei a größer, wenn B C größer ist, als B A. Entfernt sich das Auge von einerlei Gegenstande, so wird die scheinbare Größe desselben kleiner, und zwar desto kleiner, je mehr sich das Auge von dem Gegenstande entfernt. Bei einer gewissen Entfernung verschwindet dem Auge jeder, auch der größte Gegenstand.

Rückt z. B. das Auge, welches bei a den Gegenstand A B unter dem Sehewinkel a erblickt, weiter von dem Gegenstande hinweg nach b, so erblickt es ihn da unter dem kleinern Sehewinkel b; rückt es noch weiter hinweg nach c, so sieht es ihn unter einem noch kleinern Sehewinkel c; rückt es abermals weiter hinweg nach d, so nimmt es ihn unter ei-

nem noch kleinern Sehewinkel wahr, u. s. w. Und so kann man sich das Auge immer weiter und auch so weit von AB entfernt gedenken, daß der Winkel gleichsam verschwindet, daß nämlich die Schenkel des Winkels (die bei d noch dA und dB waren) an dem Auge ganz aufeinander zu liegen kommen.

Die scheinbare Größe eines Gegenstandes hängt daher nicht blos von der wahren Größe desselben, sondern auch mit von seiner Entfernung vom Auge ab. Bei ungleichen Entfernungen haben gleich große Gegenstände eine verschiedene scheinbare Größe. Eben deswegen erscheinen uns alle Gegenstände desto kleiner, je weiter sie vom Auge entfernt sind. So sehen uns von einem hohen Thurme oder von einem Berge herab, alle Menschen auf der Straße oder in den Thälern sehr klein aus. Man würde daher in der Beurtheilung der wahren Größe eines Gegenstandes sehr irren, wenn man blos auf die Größe des Sehewinkels oder des Bildes und

nicht

nicht zugleich auch auf die Entfernung Rücksicht nähme.

Wenn wir also über die Größe eines Gegenstandes nach dem Gesicht oder Augenmaaß urtheilen wollen, so vergleichen wir den Sehewinkel mit der Entfernung. Wie sehr oft wir nun hierbei irren, wenn wir die Entfernung nicht recht wissen, sondern sie blos taxiren müssen, wird die Folge zeigen.

Bei einer gewissen Kleinheit des Sehewinkels verschwindet dieser. Die Frage ist deswegen: wie klein muß der Sehewinkel eines Gegenstandes seyn, bis wir letztern nicht mehr wahrnehmen? Nach den Untersuchungen des ehemaligen berühmten Astronomen Tobias Mayer in Göttingen sehen wir einen Gegenstand nicht mehr, wenn der Sehewinkel kleiner geworden ist, als 40 Sekunden oder $\frac{2}{3}$ einer Minute (den Grad zu 60 Minuten und die Minute zu 60 Sekunden gerechnet). Mayer fand dies durch seine merkwürdigen Versuche mit einer Mischung von Farbenqua-

drätchen, wo weiße und schwarze Quadrätchen mit einander abwechselten. Er ging nämlich immer weiter von den Quadrätchen zurück, bis sich die Farben nicht mehr unterscheiden ließen. Da ihm nun die Größe der Quadrätchen bekannt war, und da er die Entfernung des Auges von den Quadrätchen messen konnte, so war es ihm auch leicht, die Größe des Sehewinkels zu bestimmen, unter welchem die Gegenstände dem Auge verschwanden.

Aehnliche Versuche, von andern Naturforschern angestellt, gaben den Sehewinkel beim Verschwinden nur auf $\frac{1}{2}$ Minute oder 30 Sekunden an; und dann darf der Durchmesser des Gegenstandes, den wir selbst in der Entfernung des deutlichsten Sehens, 8 bis 12 Zoll vom Auge, wahrnehmen wollen, nicht weniger als $\frac{1}{1000}$ Zoll betragen. So unterscheidet das gesunde menschliche Auge den 10ten bis 12ten Theil einer Linie noch immer deutlich genug. Auf die Beschaffenheit der Augen, auf eine durch Uebung erlangte Gesichtsschärfe, und den

Grad der Beleuchtung des wahrzunehmenden Gegenstandes kommt hierbei freilich auch sehr viel an.

Sowohl der scheinbare Durchmesser des Mondes, als auch derjenige der Sonne, nimmt bald ab, bald zu, weil die Entfernung dieser Weltkörper von unserer Erde veränderlich ist. Der mittlere scheinbare Durchmesser des Mondes ist 31 Minuten 29 Sekunden, der Sonne 32 Minuten 6 Sekunden (den Grad an dem Himmelsbogen zu 60 Minuten, die Minute zu 60 Sekunden gerechnet). Die Fixsterne erscheinen uns unter Winkeln, die kleiner als 1 Sekunde sind; aber sie erscheinen uns ohne deutliches Bild, blos als Lichtreiz, gleichsam in einen Punkt zusammengeflossen. Wenn sie nicht ein ungemein starkes Licht besäßen, so würde auch dieses nicht der Fall seyn.

Zu den auffallenden Erscheinungen, welche sich auf die Abnahme des Sehewinkels in

zunehmenden Entfernungen gründen, gehören folgende:

Parallel gesetzte Bäume, die eine Allee bilden, scheinen in der Ferne immer mehr und mehr zusammenzulaufen, weil ihre Breite weiter hin unter einem kleinern und kleinern Sehewinkel erscheint. Dasselbe ist auch der Fall mit parallel gegenüber stehenden Häusern einer langen Straße; die Straße, von dem einen Ende betrachtet, scheint nach dem andern Ende zu immer schmäler und schmäler zu werden. Ist die Straße des Nachts mit zwei parallelen Reihen Laternen erleuchtet, so scheinen auch diese immer näher und näher an einander zu stehen.

Gesetzt, die punktirten Linien ag und bh, Fig. 5. Taf. V., bedeuteten eine Allee, eine parallele Straße u. dgl., und das Auge, das durch dieselbe hinabsieht, befinde sich in o. Es seyen a und b, c und d, e und f, g und h ein Paar in gleichen Entfernungen gerade ge-

genüber stehende Bäume (oder andere Gegenstände), die das Auge o wahrnehmen kann. Alsdann bilden die Linien ao und bo von den nächsten Bäumen a und b den größten Sehewinkel. Die Linien co und do von den entferntern Bäumen c und d bilden schon einen kleinern Winkel, die Linien eo und fo von den noch entferntern Bäumen e und f noch einen kleinern, die Linien go und ho von den Bäumen g und h abermals einen kleinern u. s. w. Also wird der Sehewinkel der Breite der Allee, der Straße rc. mit der Entfernung immer kleiner und kleiner. In einer Allee, die über 5000 mal länger, als breit ist, würden beide Reihen Bäume zuletzt zusammen zu laufen scheinen, weil dann der Sehewinkel der Breite bei den letzten Paar Bäumen kaum noch $\frac{2}{3}$ einer Minute oder 40 Sekunden betrüge.

Daß die Spitzen hoher Thürme überzuhängen scheinen, obgleich sie gerade ste-

hen, und noch manche ähnliche Erscheinung wird von demselben Grunde abgeleitet.

Wenn ein großer Gegenstand zugleich mit kleinen Theilen verbunden ist, so verschwinden uns in einer gewissen Entfernung die kleinen Theile. Man sieht dann blos den Umriß des ganzen Gegenstandes, ohne jene kleinen Theile bemerken zu können. Deswegen kommen uns entfernte mit Ecken, Spitzen und allerlei Zierrathen versehene Thürme rund vor, weil nicht der Thurm, sondern nur jene kleinen Theile für unser Auge verschwinden. Deswegen erscheinen uns auch Wälder, Kornfelder, Blumenfelder rc. in der Ferne als zusammenhängende Massen, weil wir die Zwischenräume zwischen diesen einzelnen Gegenständen nicht wahrnehmen. Wir sehen ein Kornfeld, besonders aber ein Feld mit gelben Blumen (wie blühender Rübsaamen), in einer großen Entfernung, oft eine Stunde weit, und noch weiter von uns. Unmöglich wäre es

dagegen, in dieser Entfernung eine einzelne Aehre oder ein einzelnes Blümchen wahrzunehmen. So sieht man ferner auf einem Bogen Papier einen schwarzen Punkt nicht; wenn man ihn aber mit einer Linie verbindet, so sieht man ihn wieder.

Neuntes Kapitel.

Merkwürdige optische Täuschungen, die auf falschen Urtheilen beruhen.

1) Täuschung in der Größe, Lage und Entfernung der Gegenstände.

Wenn wir mit unseren Augen Gegenstände außer uns wahrnehmen, so fällen wir stets Urtheile über ihre wahre Größe, über ihre Gestalt, Entfernung, Bewegung und Ruhe. Aber in diesen Urtheilen irren wir nicht selten. So sollten uns, nach dem Bisherigen (im vorhergehenden Kapitel), die Gegenstände, welche wir sehen, stets desto kleiner erscheinen, je weiter sie von uns entfernt sind, desto größer aber, je näher wir uns bei ihnen befinden. Und doch giebt es hiervon nicht selten sehr merkwürdige Ausnahmen. So glauben wir z. B. einen bekannten Menschen oder einen andern be-

kannten Gegenstand in der Ferne oft in seiner gewöhnlichen Größe zu erblicken, wenn auch der Sehewinkel desselben viel kleiner geworden ist. Was wir nämlich von jener Größe zu sehen glauben, eignen wir uns blos durch Schlüsse zu, die wir aus vorigen Empfindungen auf die Sache machen, welche wir sehen. Wir haben uns nämlich von Jugend an gewöhnt, die uns bekannt gewordene wahre Größe des Menschen in unserer Vorstellung zu behalten und ihn stets nach dieser seiner bekannten Größe zu schätzen, wenn er auch weit von uns entfernt ist oder uns in einem bald stärkern, bald minder starken Lichte erscheint. Blos der Gang, die Haltung, die äußern Umrisse oder die Kleidung des Menschen u. dgl. brauchen uns aufmerksam darauf zu machen, daß es dieser oder jener bekannte Mensch ist. Unsere Phantasie und Erfahrung ergänzt dann das übrige, und der Mensch steht dann in seiner wahren Größe und Gestalt vor uns.

Wirklich besteht auch der Hauptvorzug unseres Sehens vornehmlich darin, daß wir durch Uebung, durch Schlüsse von vorigen durchs Gefühl erlangten Empfindungen, durch Vergleichungen der verschiedenen Abwechselungen von Schatten und Licht ꝛc., wie wir sie nach vielfältigen Erfahrungen bei dieser oder jener Entfernung, Gestalt und Größe wahrnahmen, über die Entfernung, Gestalt und Größe der verschiedenen Gegenstände richtig zu urtheilen gelernt haben.

So sehen wir z. B. nicht, daß ein Körper rund oder eckigt ist, sondern wir bilden es uns blos ein, weil wir schon versucht haben, solche Körper, die diesen oder jenen Eindruck auf unser Auge machen, durchs Gefühl zu unterscheiden. Eben so sehen wir es auch nicht, daß ein Gegenstand so oder so weit von uns entfernt ist, sondern wir bilden uns auch dieses blos ein, weil wir nur durch wiederholte Uebung gelernt haben, Entfernungen zu schätzen. Denn Entfernungen sieht

man eben so wenig, als Erhabenheiten. Man schließt blos darauf von den Eindrücken des Lichts und Schattens in unseren Augen, wie wir sie bei ähnlichen Gelegenheiten unzähligemal empfanden.

Daß dies wirklich so der Wahrheit gemäß ist, bestätigen alle Aussagen der Blindgebornen, denen der Stahr gestochen wurde. Bekommt ein Blinder, der nie hat sehen können, auf einmal das Gesicht, so kennt er noch keinen Gegenstand, den sein Auge wahrnimmt, durch den bloßen Anblick, wenn er nicht das Gefühl, wie im blinden Zustande, mit zu Hülfe nimmt; er weiß sonst nicht Menschen von Thieren, runde Körper von eckigten, große von kleinen zu unterscheiden. Erst nach vieler Uebung lernt er dies durchs Gefühl, indem er mit demselben und dem Eindrucke des von den Körpern herkommenden Lichts Vergleichungen anstellt, deren vielfältige Resultate in der Erinnerung bleiben. Von Entfernungen weiß er eben so wenig zu urtheilen. Er

glaubt, alle Sachen, die er sieht, berührten seine Augen eben so, wie sie seine Finger berühren, wenn er sie anfühlt. Er weiß nicht, was einen Fuß und was zwanzig Fuß von ihm entfernt ist. Alles kommt ihm wie ein Gemälde vor, das unmittelbar auf den Augen liegt. Erst nach und nach muß er durch mannigfaltige Erfahrungen die nöthigen Begriffe sowohl von der Größe und Gestalt, als auch von der Entfernung der Gegenstände erlangen.

Ohnstreitig müssen alle Menschen als zarte Kinder erst dasselbe lernen. Und deswegen betasten auch alle kleine Kinder jeden Gegenstand und fahren mit den Händen überall da herum, wo sie etwas, um es zu befühlen, zu erreichen glauben.

Wenn wir nun aber auch im Sehen durchaus geübt zu seyn glauben, so irren wir uns demohngeachtet in jener Schätzung und Beurtheilung noch oft und fällen dann falsche Urtheile über die vor uns liegenden

Gegenstände. Wir sehen oft, besonders in der Dämmerung, oder im Mondscheine, oder mit einem kurzsichtigen Auge, Kinder für erwachsene Personen; Erwachsene für Kinder; Thürme für Menschen; Menschen für Thürme; eine Partie Raben für eine Schwadron Dragoner; Bäume, Erdhaufen u. dgl., für Ungeheuer; ja sogar Mücken für Elephanten an. — Folgende Erfahrungen mögen dies belegen und erläutern.

Zu einer Zeit, wo man nicht recht deutlich mehr sehen kann, gehen wir auf einem fremden freien Felde, wo Thäler und Hügel mit einander abwechseln und wo auch wohl im Hintergrunde Berge und Wälder sich befinden. Auf einmal sehen wir einen erhabenen Gegenstand vor uns, den wir für einen entfernten Thurm halten, etwa den Thurm eines Dorfes oder einer Stadt, die wir gern noch vor völliger Dunkelheit erreichen möchten. Aber kaum sehen wir ihn, so erschrecken wir auch, indem ein Mensch, den wir nicht

erwarteten, nahe an uns vorüber geht. Dieser nahe Mensch war es, welchen wir für einen entfernten Thurm hielten. Da wir in unserer Einbildung glaubten, dieser erhabene Gegenstand, welcher uns so nahe war, sey weit (vielleicht eine halbe oder eine ganze Stunde) von uns, und da er uns unter einem ziemlich großen Sehewinkel erschien, so fällten wir den Schluß: der Gegenstand ist hoch oder groß; folglich mußte es in unserer Einbildung ein Thurm seyn.

Zu einer andern Zeit kann es sich wieder ereignen, daß wir einen in einer großen Entfernung über eine Anhöhe, besonders über eine kahle Anhöhe, hervorblickenden Thurm für einen nahen Menschen halten. Wir glauben nämlich, der (wohl eine Stunde entfernte) Gegenstand, welcher vielleicht noch durch ein weites, tief liegendes, mit unseren Augen nicht bemerkbares Thal von uns getrennt ist, sey nur wenige Schritte von uns entfernt. Seine Größe nimmt daher in unserer Einbildung ab

und eben deswegen kann es nach unserer Schätzung kein Thurm, sondern muß ein naher Mensch seyn. Da wir indessen den Menschen immer vor uns sehen, ohne ihn zu erreichen, so werden wir nach einiger Zeit auch diesen Irrthum inne.

Wie das Verhältniß der Größe eines Gegenstandes in unserer Einbildung wächst oder abnimmt, kann schon Fig. 1. Taf. VI. erläutern.

Gesetzt, unser Auge befände sich in a, und nicht weit von demselben wäre ein Mensch oder ein anderer aufrechter Gegenstand. Gesetzt ferner, es zöge sich von b an eine Vertiefung hinunter, etwa bis an f (eine viertel Stunde weit, eine halbe Stunde weit, u. s. w.). Der Sehewinkel, den der Gegenstand b am Auge a bildet, ist in der Figur deutlich genug wahrzunehmen. Setzen wir nun den Gegenstand b in unserer Einbildung viel weiter hinweg, als er wirklich ist, z. B. über f hinaus, in die Gegend von c, so müssen wir ihn wohl

für einen Gegenstand von der Höhe c d, etwa für einen Thurm halten. Wäre aber im Gegentheil c d der wirkliche Gegenstand, der jenseits der Vertiefung f b, folglich weit von uns hinweg steht, den wir aber in unserer Einbildung dißseits f b, nach b hin setzen, so müssen wir wohl glauben, er sey ein Gegenstand von der Höhe b, etwa ein Mensch. — So kann nun leicht durch falsches Schätzen der Irrthum entstehen, daß wir einen nahen Menschen für einen entfernten Thurm, und einen entfernten Thurm für einen nahen Menschen halten.

So hat es sich schon ereignet, daß man eine große, am Wege stehende, vom Winde hin und her bewegte Blume (den Fuchsschwanz) für ein großes, daher rennendes Thier hielt. Auch diesen Irrthum erklärt Fig. 1. Taf. VI. recht gut. Wir kommen vor hohen Pfählen, Bäumen u. dgl., wie c d, vorbei, gehen dann durch einen tief liegenden Grund f b über b hinaus nach a, sehen uns bei a um, erblicken

einen

einen bei b befindlichen unbekannten Gegenstand, der unter einem gewissen Sehewinkel ins Auge fällt, und setzen diesen Gegenstand in der Einbildung viel weiter hinweg, über den tief liegenden Grund b f hinaus in die Gegend, wo die hohen Pfähle, Bäume u. dgl., c d, standen; da mußte denn wohl die Größe des Gegenstandes b in der Einbildung wachsen, weil er ohngefähr denselben Sehewinkel im Auge machte, als die hohen Gegenstände bei c, und eben deswegen mußte er, nach unserer Meinung, auch eben so groß seyn. Da er sich nun bewegte, so war es kein Wunder, daß wir ihn für ein großes, hinter uns her laufendes Thier hielten, woran die Phantasie, besonders wenn uns die Erscheinung erschreckte, noch manches ausmalen konnte.

Wir kommen in der Dämmerung an ein Feld, wo wir schon öfters Dragoner auf muthigen Rappen exerciren sahen. Wir glauben wieder in einiger Entfernung (etwa von einer viertel Stunde) eine Schwadron dieser Reuter

manövriren zu sehen; wir gehen näher hinzu und auf einmal erheben sich die Dragoner zu unserm großen Schrecken nahe vor unsern Augen in die Lüfte. Wir hatten nämlich einen großen Schwarm Raben, die nur wenige Schritte von uns entfernt waren, für die Dragoner angesehen, die wir mehrmals in derselben Gegend (freilich am Tage) exerciren sahen. Die gar nicht weit von uns dahin hüpfenden Raben bildeten an unserm Auge ohngefähr denselben Sehewinkel, welchen die Dragoner daran gemacht haben würden, wenn sie eine viertel Stunde weit von uns hinweg gewesen seyn würden. Die Dragoner waren einmal in unserer Erinnerung, die Gegenstände sahen wir wegen der heranbrechenden Dunkelheit nur undeutlich. Was Wunder, daß dies eine Täuschung veranlaßte, welche hernach auf eine seltsame Art verschwand!

Wie mancher Mensch, der ganz nahe an einem Fenster stand, aber nicht gerade zum Fenster hinausblickte, sondern dessen Gesichts-

linie beinahe parallel mit der Fläche der Fensterscheiben, also sehr schräg gegen das Fenster hin ging, hat nicht schon eine nahe, vor seinen Augen am Fenster hin laufende oder hin fliegende Mücke (oder eine Fliege) für ein großes auf der Straße befindliches Thier gehalten! Das kleine Thier, welches so nahe am Auge sich hinbewegte, daß es dasselbe beinahe berührte, machte, dieser Nähe wegen, einen ziemlich großen Sehewinkel am Auge, vielleicht einen so großen, als derjenige gewesen seyn würde, welchen ein großer Hund, oder auch wohl ein Pferd ꝛc. in der Entfernung von 40 bis 80 Schritten am Auge gebildet haben würde. Da war es also wieder kein Wunder, daß eine so große Täuschung entstand.

Eine sehr auffallende Täuschung, die sich auf dieselbe Art erklärt, ist auch folgende.

Die Höhe der Fenster in den Erdgeschossen vieler Städte ist oft sehr verschieden. Die meisten sind wohl 3 bis 4 Fuß von der Erde hoch; in manchen alten kleinen Häusern ha-

ben sie eine Höhe von nur 1½ bis 2 Fuß. Wer nun gewohnt ist, im Erdstocke in einem Zimmer zu wohnen, dessen Fenster eine Höhe von 3 bis 4 Fuß über der Erde haben, und nun auf einmal in ein solches Zimmer eines Erdgeschosses kommt, dessen Fenster nur eine Höhe von 1½ bis 2 Fuß von der Erde haben, dem kommen alle vorübergehende erwachsene Menschen als Riesen, kleine Kinder als erwachsene Menschen vor. Auch hiervon ist der Grund jetzt leicht einzusehen. Man war bei den höhern Fenstern gewohnt, von den vorüber gehenden erwachsenen Menschen nur die Köpfe zu sehen. In den Zimmern mit sehr niedrigen Fenstern aber sah man von diesen Menschen die Hälfte des Leibes. Man dachte in dem Augenblicke nicht daran, daß man in einem ungewöhnlichen Zimmer (mit so niedrigen Fenstern) war, und hielt hier die Vorübergehenden um so viel größer, als sie in dem gewöhnlichen Zimmer (mit hohen Fenstern) wirklich gewesen wären, wenn man sie da eben so hoch

über den Fensterbrüstungen hervorragend gesehen hätte; oder, um so viel größer, als die Fenster in dem ungewöhnlichen Zimmer niedriger waren, wie in dem gewöhnlichen Zimmer.

Durch Kunst werden oft wider unsern Willen manche sehr auffallende Täuschungen erzeugt, die gleichfalls auf einer irrigen Schätzung beruhen. Dies ist z. B. auf Theatern bei den perspectivisch gemalten Decorationen, hauptsächlich solchen der Fall, welche Straßen, Säle, Alleen u. dgl. vorstellen sollen. Da muß oft ein kleiner Raum im Theatergebäude, vermöge des Gemäldes, eine sehr lange Straße, einen sehr langen Saal, eine sehr lange Allee u. dgl. bilden. Häuser, Säulen, Wände, Bäume u. dgl., die in der Wirklichkeit parallel fortgehen, sind bei jenen Decorationen allmälig niedriger und niedriger, so wie enger und enger zusammen gezeichnet, so, daß dadurch in unserer Seele, vermöge des Auges, dieselbe Empfindung entsteht, als bei den Straßen, Sälen, Alleen rc. in der Wirk-

lichkeit, wo blos die Entfernung jene Theile immer kleiner und kleiner darstellt. Kommt nun bei den letzten Häusern, Säulen und Bäumen (welche uns am entferntesten scheinen) ein Mensch von gewöhnlicher Größe hervor, so sieht dieser wie ein gewaltiger Riese aus; sowie daselbst ein Hund oder eine Katze uns so groß wie ein Elephant oder wie ein anderes ungeheures Thier vorkommen kann. Der Mensch nämlich, welcher gar nicht weit von uns entfernt ist, folglich in unserm Auge einen ziemlich großen Sehewinkel macht, ragt mit seinem Kopfe an, auch wohl über den obersten Theil des letzten klein gezeichneten Hauses oder Baumes, oder der letzten klein gezeichneten Säule. So auch verhältnißmäßig der Hund oder die Katze. In dem Augenblicke nun, wo wir dies bemerken, steigt in uns der Begriff von gewaltiger Größe auf. Denn das letzte Haus, die letzte Säule, den letzten Baum rc. glauben wir durch die wirkliche Entfernung so klein. Wie groß muß

uns deswegen der Mensch oder das Thier vorkommen, welches bis an das Dach, bis an das Kapitäl der Säule, bis an den Wipfel des Baumes ꝛc. reicht!

Ueberhaupt kommen uns, wegen der Theaterdecorationen, alle Schauspieler, sowie die Thiere, welche man auf die Bühne bringt, immer viel größer vor, als sie von Natur sind; und besonders in jenen erzählten Fällen erregen sie nicht selten mancherlei sonderbare Ueberraschungen.

Wenn Mond und Sonne aufgehen, so kommen sie uns sehr groß vor. So wie sie am Himmel hinaufsteigen, erscheinen sie uns kleiner, und immer kleiner, je höher sie am Himmel emporsteigen. Haben sie ihre größte Höhe am Himmel erreicht, so sehen sie uns am kleinsten aus. So wie sie wieder am Himmel sich hinabsenken und dem westlichen Horizonte näher kommen, so nimmt auch ihre Größe wieder zu; aber so groß erscheinen sie uns

kurz vor dem Untergange doch nicht, als kurz nach dem Aufgange.

Wollten wir blos nach dem Anblicke dieser-Erscheinung urtheilen, so würden wir annehmen, Mond und Sonne seyen uns beim Aufgange und beim Untergange näher, als wenn sie am Himmel hinaufgerückt sind, und deswegen sähen wir sie dort auch größer. Aber dies ist nicht der Fall. Mond und Sonne sind im Gegentheil etwas entfernter von uns, wenn sie am Horizonte stehen. Daß Sonne und Mond uns beim Aufgange, sowie auch beim Untergange, größer vorkommen, daran sind wieder unsere falschen Schlüsse schuld.

Wir vergleichen nämlich den Mond, so wie er am östlichen Horizonte aufgeht (und eben so auch die Sonne), mit den nahen Bergen, Bäumen, Häusern ꝛc., nehmen diese also als Maaßstäbe für unsere Schätzung an. Dadurch muß wohl die Größe des Mondes in unserer Einbildung wachsen. Bewegt er sich, vom Horizonte hinweg, höher an den Him-

mel hinauf, so entfernen sich nach und nach die Maaßstäbe von ihm, womit wir ihn verglichen. Ist er an den höchsten Punkt des von ihm am Himmel beschriebenen Kreises gekommen (in den sogenannten Meridian oder Mittagskreis), so sehen wir gar keine Maaßstäbe mehr bei ihm. Kurz vor Untergange, wo er sich dem westlichen Horizonte nähert, scheint er uns zwar auch wieder größer, weil dann die Maaßstäbe, die Berge, Bäume u. dgl., wieder herankommen, aber doch nicht so groß, wie beim Aufgange, weil wir seine kleinere Gestalt schon gewohnt waren, da hingegen beim Aufgange gleichsam eine Ueberraschung statt fand.

Betrachten wir den Mond (und eben so die Sonne) beim Auf- und Untergange durch ein kleines in ein Kartenblatt gestochenes Löchelchen, so sieht der Mond nicht größer aus, als wenn er höher gekommen ist, weil nun keine Maaßstäbe gesehen werden, womit wir ihn vergleichen könnten.

Gesetzt, a Fig. 2. Taf. VI. wäre der Mond, b wäre ein Mühlrad, c ein Teller und d ein Kreuzer, die am Auge O einerlei Sehewinkel bilden (wenn sie auch nicht, wie in der Zeichnung, in einerlei Richtung hinter einander liegen). Natürlich macht dann jeder von diesen Gegenständen ein gleich großes Bild auf der Netzhaut. Was hätten wir nun aber für ein Recht, den Teller für größer als den Kreuzer, das Mühlrad für größer als den Teller, und den Mond für größer als das Mühlrad zu halten, wenn unser Urtheil sich blos nach der Größe des Bildes im Auge richtete? Würden wir deswegen nicht vielmehr, wenn nicht besondere Erfahrungen unserer Seele das Gegentheil beigebracht hätten, jene drei Sachen für gleich groß halten müssen? Aber so haben wir die Erfahrung gemacht, daß wir, unter jenen Voraussetzungen, um den Teller zu erreichen, weiter gehen mußten, als nöthig war, um an den Kreuzer zu kommen, und daß wir noch beträchtlich

weiter gehen mußten, um das Mühlrad zu erreichen. Hieraus schloßen wir dann, daß das Mühlrad größer seyn mußte, als der Teller, dieser wieder größer, als der Kreuzer u. s. f. Von dem Monde wußten wir, das er viele tausend Meilen (ohngefähr 51000 Meilen) von uns war; daher mußten wir wohl von seiner Größe einen noch viel höhern Begriff bekommen.

Wenn wir im Freien das ganze Himmelsgewölbe übersehen können, so erscheint uns dieses nicht als innere Fläche einer hohlen Halbkugel, in deren Mitte wir uns befänden (wie es eigentlich seyn müßte), sondern viel flacher, oben mehr eingedrückt, wie am Horizonte, ohngefähr wie ein Uhrglas. Um dem Horizonte herum finden sich immer mancherlei bekannte Gegenstände (Berge, Bäume u. dgl.), welche in uns leicht den Begriff erregen müssen, die Entfernungen der anliegenden Himmelspunkte wären rings herum gleich weit von unsern Augen. Und eben deswegen scheinen

uns, auch alle Theile des Himmels am Horizonte auf gleiche Art gekrümmt. Hingegen höher hinauf am Himmel, namentlich über unserm Haupte, ist nichts zu sehen, das mit den Theilen des Himmelsgewölbes verglichen werden könnte, um zu einem ähnlichen Begriffe von Entfernung, wie bei den an dem Horizonte anliegenden Theilen zu gelangen. Deswegen vermindert sich in unserer Einbildung die scheinbare Entfernung der höhern Theile nach und nach, so wie sie von dem Horizonte an weiter empor sich erstrecken.

Auf der Erde erleben die Menschen Täuschungen von ähnlicher Art, welche durch falsche Schlüsse entstehen, noch so viele, daß es nicht möglich ist, sie alle hier aufzuführen. Nur folgende der auffallendsten, welche wohl fast jeder Mensch schon erlebt hat, mögen hier noch Platz finden.

Man geht in einiger Entfernung von dem Ufer eines breiten Flusses längs desselben so hin, daß man den Fluß gar nicht, oder von

ihm nur einen schmalen Streifen übersehen kann. Da ereignet es sich denn oft, daß man Gegenstände disseits des Flusses in der Einbildung fälschlich an das jenseitige, Gegenstände jenseits des Flusses disseits desselben setzt. In jenem Falle halten wir dann die Gegenstände für größer, in diesem für kleiner, als sie wirklich sind, auf dieselbe Art, wie es bei denjenigen Täuschungen der Fall war, welche Fig. 1. Taf. VI. erläuterte.

Können wir von einer Anhöhe, z. B. von einem Walle, die Dächer einer Stadt übersehen, so setzen wir in unserer Einbildung oft die entfernteren Wetterfahnen auf das unrechte Gebäude. Eben so setzen wir oft entfernte Laternen, die des Nachts in Straßen brennen, an die unrechte Seite. Wenn in einer Reihe von Zimmern, die in einander gehen, alle Thüren offen sind, und des Abends Lichter auf verschiedenen Tischen dieser Zimmer stehen,

so setzen wir oft ein Licht oder mehrere Lichter in das unrechte Zimmer.

Besonders täuschend ist es, wenn unvermuthet in der Dunkelheit ein brennendes Licht (z. B. in einer Laterne) nahe an das Fenster eines Zimmers kommt, worin man sich befindet. Man bildet sich dann oft ein, das Licht sey viel weiter hinweg, etwa in dem Zimmer eines hundert und mehrere Fuße weit entfernten Hauses, und dann halten wir das Licht gewöhnlich für einen großen Feuerklumpen, welcher uns in der eingebildeten Entfernung noch so groß und glänzend erscheint.

Ueberhaupt scheinen uns helle Körper des Nachts immer näher zu seyn, als am Tage, oder als dunkle Körper, die nicht so entlegen sind, weil sie dem Auge dann empfindlicher werden. Daraus müssen denn wohl mancherlei Täuschungen entspringen.

Sehen wir in der Ferne eine Windmühle, so halten wir oft den nächsten Flü-

gel derselben für den entferntesten, und umgekehrt den entferntesten für den nächsten, und dann fällen wir ein unrichtiges Urtheil von dem Striche des Windes und von der Richtung, nach welcher sich der Flügel dreht. Eben so sind wir nicht selten ungewiß, nach welcher Seite sich *eine Menge angezündeter Lichter* drehe, die wir in der Ferne sich in die Runde bewegen sehen.

Wenn wir *sehr entlegene Sachen von unbekannter Größe* am Ende des Horizonts über einander sehen, z. B. Häuser über Häusern, Berge über Bergen, so halten wir diejenigen, welche blauer, matter und höher über andere hervorragend erscheinen, für entfernter, wie dasselbe auch bei Gemälden der Fall zu seyn pflegt. Denn ein immer matter werdendes Licht, wobei sich die kleinsten Theile der Sachen verlieren oder uns undeutlich werden, ist gewöhnlich die Folge von einer größern Entfernung. Diese Entfernung kann nun aber blos eingebildet seyn, wenn

wir das matte Licht blos dieser Entfernung und nicht dem Mangel an Glanze des wirklichen Gegenstandes zuschreiben. Der Gegenstand wird daher unserm Auge um so entfernter (und kleiner) vorkommen, als er aussehen würde, wenn er mit glänzenderm Lichte (auch wohl in reinerer Luft) so weit von uns hinweg gerückt wäre, daß die kleinsten Theile, der Entfernung wegen, verschwinden, wie sie jetzt durch das schwächere Licht in unserer Einbildung entfernter gesetzt (oder durch gröbere Lufttheile verdunkelt) werden.

Ungewöhnlich große Gegenstände, die wir am Ende von gewissen Entfernungen sehen, betrügen uns auch oft in der Schätzung dieser Entfernungen. Wenn wir z. B. nach einer großen Stadt, nach einem großen Schlosse oder nach einem Berge, der größer wie gewöhnlich ist, zureisen, so halten wir den Weg für viel kürzer, als nachgehends die Erfahrung ihn uns kennen lehrt. Denn da wir gewohnt sind, uns bei gewissen scheinbaren Größen solcher

cher Dinge, deren Theile wir in Hinsicht der Größe ohngefähr kennen, gewisse Entfernungen vorzustellen, so halten wir das, was wir jetzt sehen, nur für so groß, als Gegenstände von der Art gewöhnlich zu seyn pflegen, und für so entfernt, als es seyn müßte, wenn es die vorausgesetzte mittelmäßige Größe hätte und uns doch nur so groß erschiene, als es jetzt aussieht.

Einen überaus schönen und täuschenden Anblick soll einem Zuschauer die See gewähren. Wenn das Schiff schon ziemlich weit vom Ufer entfernt ist, so soll man nicht glauben, daß man sich im Mittelpunkte einer Kreisfläche befindet, wie dies auf dem Lande der Fall ist, sondern es soll einem Jeden auf dem Schiffe vorkommen, als wenn er dem Ende der See nahe wäre. Die vielen Schattirungen, welche die See dem Auge darbietet, mögen hier wohl zu Trugschlüssen verleiten und die Täuschung herbeiführen.

Viele Personen haben auch folgende Beo-

bachtung gemacht. Wenn man am Seestrande unter Klippen steht, die sich so weit erstrecken, als man nur sehen kann, und wenn man dann den Horizont auf der See betrachtet, so erscheint dieser nicht als ein Halbkreis, dessen Mitte das Auge des Beobachters ist, sondern diejenigen Theile des Horizonts scheinen am weitesten entfernt, welche man rechter und linker Hand längs den Klippen sieht; die mittlern scheinen immer nach und nach näher zu liegen, wenn man das Auge nach der Mitte des Bogens führt, welcher jenen Theil des Horizonts vorstellt.

Wenn man sich ferner auf sehr hohe Klippen stellt, so scheint sich der Rand der See etwas gegen die Wolken zu erheben, ohngefähr wie der Rand eines Kaffeeschälchens, besonders da, wo jener Rand am mattesten und dunkelsten aussieht. Auch an dieser Erscheinung sind vermuthlich die vielerlei Schattirungen der See schuld.

Warum Kinder von 3 bis 4 Jahren,

denen noch die Erfahrung mangelt, eine entfernte Sache immer für kleiner halten, als erwachsene Personen, z. B. einen Mann auf 100 Fuß weit für einen Knaben, ist aus den bisherigen Erklärungen wohl deutlich genug abzunehmen. Und wenn sie diese Täuschung auch bald unten auf der Erde unterscheiden lernen, so irren sie doch wieder, wenn sie von einem hohen Gebäude herunter sehen. Sie haben noch nicht die Vorstellung, daß große Sachen in einer großen Entfernung klein erscheinen. Selbst erwachsene Personen, die keine Bauverständige sind (folglich nicht als solche manche Erfahrung in ihrem Fache erlangt haben), halten manche hohe Gegenstände, z. B. Gebäude, für niedriger, als sie gewöhnlich sind. Eben so halten Personen, die keine Forstverständige sind, hohe Bäume gewöhnlich für nicht so hoch, als sie wirklich sind.

Was auf dem Gipfel sehr hoher Berge oder Gebäude steht, kommt uns

immer sehr klein vor. Denn wir halten diese Dinge für nicht so hoch, als sie wirklich sind, sowohl, weil sie in einer größern Höhe sich befinden, als sonst Dinge von dieser Art zu seyn pflegen, als auch, weil ihre obern Theile schief gegen das Auge stehen.

An dem Gewölbe des Himmels scheinen alle Sterne, sammt Sonne und Mond, gleiche Entfernung von uns zu haben, und gleichsam an das Himmelsgewölbe, unter dessen Mitte wir stehen, angeheftet zu seyn. Und doch wie ungleich ist die Entfernung der verschiedenen Himmelskörper von uns! Während der Mond 51000 Meilen von uns entfernt ist, beträgt die Entfernung der Sonne von uns gegen 21 Millionen Meilen, die Entfernung der größten (und wohl der nächsten) Fixsterne mehrere Billionen Meilen. Da wir aber an dem Himmel keinen Maaßstab haben, diese Entfernungen zu schätzen, so kommen uns alle Himmelskörper daran als gleich entfernt von uns vor; und leicht verführt uns nun die

Schwäche unserer Sinne, denjenigen Himmelskörper, welcher uns, wegen der ungeheuersten Entfernung, am kleinsten erscheint, auch wirklich für den kleinsten zu halten.

Wenn wir uns in einiger Entfernung von einer sanften Anhöhe befinden, z. B. eines Berges, der am Ende eines Spatziergangs aufsteigt, oder einer etwas Bergan gehenden Chaussee, so werden wir diese Erhöhung für viel länger halten, als wenn sie waagrecht läge, besonders wenn sie immer enger zuläuft. Denn indem wir die Höhe nicht beobachten, so urtheilen wir eben so, wie wir von einem gewöhnlichen waagrechten Wege mit parallelen Seiten urtheilen würden. Da nun die Erhebung des Bodens, vornehmlich wenn sich auch seine Breite zugleich nach und nach vermindert, dem beobachtenden Auge vorkommt, als wäre der Boden länger und folglich in der Breite weniger vermindert, als wenn er waagrecht ginge und gleichlaufende Seiten hätte, so scheint im Gegentheil eine gelinde Anhöhe mit

gleichlaufenden Seiten sich zu erweitern, je mehr sie sich in die Ferne zieht, so daß ihre parallelen Seiten auseinandergehend aussehen, welches der gemeinen Erfahrung paralleler Seiten (S. 196.) zuwider ist.

So hat man wirklich Beispiele, daß gleichlaufende Reihen Bäume sich in der Weite immer mehr von einander zu entfernen scheinen, da doch sonst der umgekehrte Fall statt findet. Die Ursache dieses Betrugs liegt blos an der gelinden Erhöhung des Grundes, worauf die Bäume gepflanzt sind, während der Ort, von welchem man die Bäume betrachtet, eine niedrigere Lage hat.

Betrachten wir Berge, Städte, Dörfer und andere entlegene Gegenstände durch eine reinere Luft, wie gewöhnlich, so sehen sie uns viel näher aus, als wenn die Luft dick oder neblicht ist. Natürlich entdecken wir selbst kleinere Theile einer entlegenen Sache durch reinere Luft viel besser. Wir halten dann die Sache ohngefähr für so nahe, als sie seyn

müßte, wenn wir sie eben so gut durch die gewöhnliche gröbere Luft sehen wollten. Oft sind Reisende durch solche Erscheinungen in Erstaunen gesetzt worden, besonders in einer Gegend, wo die Luft viel heiterer war, als in ihrem Lande. Sie hielten die entfernten Gegenstände kaum für halb so weit, als sie in der That waren.

Auf rauhen Wegen kommt uns auch jede Entfernung kürzer vor, weil die Rauhheiten (Hügel, Büsche, Bäume u. dgl.) einen Theil des Weges verbergen. Reisende halten deswegen auf einer Landstraße oder auf einem andern Wege, von wo aus keine Gegenstände, als Dörfer, Hügel, Bäume u. dgl. in die Höhe ragen, die Entfernung bis zu einem Orte oft für ungewöhnlich lang. Freilich kommt die Langweiligkeit dann mit hinzu, wenn man keine Mannigfaltigkeit von Gegenständen sieht.

Durch vorsätzliche Täuschung mittelst zweckmäßiger Benutzung aller dargelegten Um-

stände ist die Perspectivmalerei im Stande, so große überraschende Wirkungen hervorzubringen. Am meisten überraschend sind diese Wirkungen bei den sogenannten Panorama's oder Rundgemälden. Denn hier ist dem Auge die Gelegenheit benommen, die gemalten Gegenstände mit andern körperlichen Objecten zu vergleichen.

2) Täuschungen in der Gestalt der Gegenstände und optische Anamorphosen.

Sehr unsicher sind oft unsere Urtheile über die Gestalt der Körper nach bloßen Gesichts-Eindrücken, vorzüglich wenn wir die Körper nur aus einem Punkte oder aus einerlei Entfernung betrachten. So sieht uns eine Kugel in gewisser Entfernung als Scheibe aus, wie wir auch an Sonne, Mond und andern Himmelskörpern wahrnehmen. Auch ein Kegel erscheint uns als Scheibe, wenn wir gegen seine Basis blicken. Ein Cylinder unter dieser Voraussetzung ebenfalls. Auch eine Pyramide, deren Basis nach unsern Augen

hingerichtet ist, muß uns als Viereck, Fünfeck, Sechseck, oder auch wohl als Scheibe vorkommen. Eine Scheibe oder auch ein Ring, von der Seite betrachtet, erscheint uns als bloße gerade Linie.

Eine vertiefte Fläche halten wir oft für erhaben, sowie eine erhabene Fläche für vertieft, entweder mit bloßen Augen, noch öfter durch ein Vergrößerungsglas, z. B. Abdrücke von Petschaften, Figuren, die in Perlmutter gravirt sind, Bijouterien mit matten und glänzenden Stellen u. dgl. Besonders auffallend ist diese Täuschung, wenn man Erhabenheiten matt, Vertiefungen glänzend gemacht hat. Weil wir Entfernungen und Erhabenheiten eigentlich nicht sehen, sondern blos beurtheilen, so führt uns hier der Schatten gar leicht irre. Die matten Stellen, welche wir für beschattete Stellen halten, müssen nach unserm Urtheile vertiefte Stellen seyn, die glänzenden hingegen erhabene Stellen, weil wir dies in der Natur so oft gefunden haben.

Das vollkommenste Gemälde kann die Erhabenheiten einer Sache, so wie sie in der Natur ist, z. B. das Gesicht eines Menschen, nicht anders gut vorstellen, als wenn es in einer gewissen Entfernung betrachtet wird. Denn hält man das Gemälde ganz nahe vor die Augen, so sieht man, daß es eine ebene Fläche ist, worauf das Gemälde liegt. Der Begriff der Flachheit wird dann von keinem andern Begriffe verdrängt. Wenn man aber das Gemälde in einiger Entfernung ansieht, so kommt gleich, wegen des täuschend dargestellten Lichts und Schattens, der Begriff von Erhabenheit in unsere Seele; wir vergleichen das Gemälde mit den wirklichen Gegenständen der Natur, die es vorstellen soll, und die Erhabenheiten, die es unserm Gesichte nur täuschend darbietet, halten wir für wirklich erhaben.

Wenn gewisse Gegenstände eine schiefe Lage gegen das Auge haben, so erscheinen sie letzterem in veränderter Gestalt.

Sieht man z. B. ein Quadrat schräg oder von der Seite an, so verwandelt es sich in ein länglichtes Viereck. Auf dieselbe Weise verändert sich die Gestalt aller Sachen, die man so ansieht. Hält man ein Linial gerade vor das Auge, so daß man alle Theile desselben auf der vordern Fläche übersehen kann, so erscheint es dem Auge seiner ganzen Länge nach, mit allen auf seiner Fläche befindlichen Stellen. Hält man es aber mit dem Auge in einerlei horizontalen Ebene, so daß das Auge auf seiner Fläche, der ganzen Länge nach, hinaus visirt, so nimmt es für das Auge sehr an Länge ab. Man kann es dann auch so richten, daß es, der Breite nach, nur als schmaler Streifen erscheint.

Daher kommt es denn auch, daß gleichlaufende Reihen Bäume u. dgl., wenn wir sie unter einer schiefen Richtung betrachten, nicht in einer geraden Linie, sondern in einer etwas bauchigten Gestalt erscheinen. Reitet man sehr schnell an dem Ende

langer gerade gepflügter Acker hin, und betrachtet sie seitwärts, so erscheinen die Furchen gekrümmt, gegen das Auge zu.

Wenn man auf dieselbe Art ein richtiges Gemälde in horizontaler Lage, oder auch in schiefer Lage, vor das Auge hält, so erscheint es uns sehr verkürzt und unförmlich breit. Deswegen muß uns wohl ein lang ausgezerrtes Bild, eben so vor das Auge gehalten, in richtiger Proportion erscheinen. Wirklich giebt es solche verzerrte Bilder, optische Anamorphosen genannt, welche man nach denselben Regeln verfertigt hat, wie ordentliche Bilder, auf der horizontal liegenden Fläche hinausgesehen, dem Auge verzerrt erscheinen. Wenn man diese verzerrten Bilder, ihrer ganzen Fläche nach, gerade vor das Auge hält, so erkennt man oft nicht das mindeste daran; sobald man sie aber in horizontaler Lage dicht vor das Auge bringt und auf sie, der Länge nach, von der einen schmalen

Kante bis zur andern hinausblickt, so erscheinen sie als ganz regelmäßige Bilder.

Diese Anamorphosen gewähren oft sehr überraschende Belustigungen. Gewöhnlich legt man sie auf ein dünnes Bret, welches eben so lang und schmal ist, als die Bilder selbst; und zum Visiren enthält dieses Bret dann an der einen schmalen Kante ein kleines lothrechtes Bretchen mit einem Löchelchen, durch welches man jedes auf das Bret gelegte Bild ansieht. So nimmt sich letzteres noch regelmäßiger und hübscher aus.

3) Täuschung bei Bewegungen von Körpern.

Bei Bewegungen irren wir gleichfalls oft in unserm Urtheile; denn auch Bewegungen werden nicht gesehen, sondern blos geschlossen. Wir schließen nämlich so: ein Gegenstand bewegt sich, wenn der Ort auf der Netzhaut sich ändert, wo sein Bild abgemalt ist, oder wenn dieser Ort seine Lage im Vergleich mit andern Gegenständen verändert.

Nun kann aber diese Ortsveränderung des Bildes eben so gut von einer Bewegung des Beobachters, als des Gegenstandes herrühren. Deswegen muß man erst von der Ruhe des Beobachters oder wenigstens, wenn er sich bewegt, von der Richtung und Schnelligkeit seiner Bewegung im Reinen seyn, ehe man auf die Bewegung des Gegenstandes zuverlässig und richtig schließen kann.

Wie lange haben die Menschen irrig geglaubt, die Erde ruhe und der ganze gestirnte Himmel, mit Sonne und Mond, gegen welchen die Erde nur als ein verschwindender Punkt zu betrachten ist, bewege sich in 24 Stunden um sie herum! da doch dieses nur Täuschung war, indem die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe diese Erscheinung bewirkte, wie sie aus folgender Betrachtung schon klar in die Augen springt.

Gesetzt, S Fig. 3. Taf. VI., sey irgend ein ruhender Körper, z. B. die Sonne oder der Mond am Himmel, abcd aber sey ein

Körper, der sich um seine Axe dreht, z. B. die Erde, welche sich in 24 Stunden einmal um sich selbst herum bewegt. Ein Beobachter in a soll einmal durch diese Axendrehung nach 6 Stunden in die Stelle b, wieder nach 6 Stunden in c, abermals nach 6 Stunden in d u. s. w. angekommen seyn. Nach vollendeten 24 Stunden, vom Anfange seiner Bewegung an, soll er sich wieder bei a befinden. Bei a sieht er den Körper S nach der Richtung aS; alsdann geht S gleichsam für ihn auf. Bei b sieht er S nach der Richtung bS; alsdann steht S über seinem Scheitel oder steht ihm wenigstens am höchsten. Bei c sieht er S nach der Direction cS, und dann geht für ihn S wieder unter. Von c an nach d hin bis a sieht er gar nichts von S; erst bei a geht ihm S wieder auf.

So kann man es also deutlich genug einsehen, daß durch eine Axendrehung der Erde Sonne, Mond und Sterne eben dieselbe Bewegung müssen zu haben scheinen, welche wirk-

lich zum Vorschein käme, wenn die Erde ruhte, und jene Himmelskörper, oder mit ihnen das ganze Himmelsgewölbe, sich nach der entgegengesetzten Richtung um sie herum drehten, wenn nämlich S erst nach A, dann nach B, hierauf nach C und zuletzt wieder nach S käme.

Bedeutet der innere Kreis Fig. 4. Taf. VI. einen Weg um eine Stadt, und denkt man sich, in den verschiedenen Richtungen des äussern Kreises, allerlei Gegenstände um der Stadt herum, z. B. Berge, Gärten 2c., oder überhaupt auch nur den Horizont. Stellt ferner der Punkt T irgend einen Gegenstand, z. B. einen Thurm, innerhalb der Stadt vor, so ergiebt sich leicht folgende Erscheinung, wenn ein Mensch um die Stadt herumgeht. Befindet sich der Mensch in a, so sieht er den Thurm T in der Richtung ac, folglich vor einem hinter c liegenden Berge oder anderm Gegenstande des Horizontes. Kömmt er nach b, so sieht er ihn in der Richtung bd, folglich vor einem Gegenstande bei d. Ist er

nach

nach c gekommen, so sieht er den Thurm T in der Richtung c a, also vor a. Bei d sieht er ihn in der Richtung db, folglich vor b; u. s. f. Wer nun nicht wüßte, daß der Thurm ruhte, der könnte wohl auf den Gedanken kommen, der Thurm müsse sich in einem Kreise um den Beobachter herum gedreht haben, obgleich diese Erscheinung dadurch zum Vorschein kam, daß der Mensch sich um den ruhenden Thurm herum bewegte. — Mit manchen Erscheinungen am Himmel hat es wirklich eine solche Bewandniß.

Wie leicht man sich in der Ruhe und Bewegung von Gegenständen täuschen kann, lehren ja selbst folgende Erfahrungen, die jeder Mensch leicht machen kann. Fahren wir in einem Nachen oder in einem andern Schiffe einen Strom möglichst schnell aufwärts und es begegnet uns ein anderes Schiff, welches stromabwärts fährt, so kommt es uns oft vor, als wenn unser Schiff ruhe und blos das vorbeifahrende sich bewege und zwar mit einer

vergrößerten Geschwindigkeit, die derjenigen gleich ist, welche aus der Geschwindigkeit dieses und unseres Schiffes zusammengenommen besteht. Ja, oft kommt es uns auf dem Schiffe vor (besonders, wenn es recht schnell fährt), als wenn das Schiff ruhe und alle ruhenden Gegenstände am Ufer, Bäume, Büsche, Häuser, selbst das ganze Ufer sich nach der entgegengesetzten Richtung neben uns hin bewege. Sitzen wir in einem schnell fahrenden Wagen, drücken darin ein Paar Sekunden lang die Augen zu und öffnen sie dann, so scheint es uns auch, als wenn der Wagen ruhe und als wenn alle Gegenstände am Wege sich an uns mit der Geschwindigkeit hin bewegten, welche der Wagen hat.

Der Körper, dessen Bewegung wir wahrnehmen sollen, muß sich mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegen, damit sein in einer bestimmten Zeit zurückgelegter Weg unter einem bemerkbaren Sehewinkel erscheine. Hierbei kann man nun fragen: wie groß muß

eine Bewegung oder Geschwindigkeit seyn, wenn man sie mit den Augen wahrnehmen will.

So sieht man wohl die Bewegung des Minutenzeigers einer Uhr, welcher zu einem Umgange eine Stunde Zeit gebraucht; aber nicht die Bewegung des Stundenzeigers, welcher zu einem Umgange 12 Stunden Zeit nöthig hat. Betrachtet man einen Stern am Himmel eine Sekunde lang, so kann man nicht bemerken, daß er während dieser Zeit fortrückt; und doch bewegt er sich innerhalb einer Sekunde um einen Winkel oder Bogen von 15 Sekunden (von $\frac{1}{4}$ Minute oder $\frac{1}{240}$ Graden) fort.

Aus einer solchen Betrachtung des Sterns können wir nun schon den Schluß ziehen: Wenn der Weg, den ein Gegenstand in einer Sekunde durchläuft, im Auge einen Winkel von 15 Sekunden macht, so scheint der Gegenstand still zu stehen. Durch Hülfe der Mathematik hat man dies weiter berechnet, und ge-

funden, daß ein Gegenstand dem Auge still zu stehen scheint, wenn sich sein wahrer Weg zu seiner Entfernung wie 1 zu 1375 verhält. Weil nun z. B. bei der Taschenuhr (ja selbst bei einer Wand- und Standuhr) die Länge des von dem Stundenzeiger in einer Sekunde beschriebenen Weges mehr als 1375 mal kleiner ist, als die Entfernung des Zeigers vom Auge, so scheint dieser Zeiger zu ruhen.

In einer einförmigen Ebene ist es oft schwer zu entscheiden, ob ein entfernter Gegenstand sich bewege, oder ob er ruhe, ob er sich von uns entferne oder ob er uns entgegen komme. Ja, manche Sachen, die sich wirklich vorwärts bewegen, scheinen uns oft rückwärts zu kommen; aufsteigende Gegenstände scheinen sich oft zu senken; u. dgl. m. An entfernten Menschen und Thieren, die auf einer Ebene fortschreiten, an Vögeln, die einem Berge zufliegen, an aufsteigenden Luftballons, ja, auch an den Pla-

neten und andern Weltkörpern des Himmels kommen diese Erscheinungen oft vor.

Steht man z. B. an dem Fuße eines Berges und sieht man einen Schwarm Krähen über den Berg fliegen, so hält man sie in gewisser Entfernung oft für höher, als den Berg selbst. Aber nachher findet man dann, daß dies nicht der Fall war, weil man sie erst nach einiger Zeit wirklich den Gipfel des Berges erreichen sieht.

Wenn an einem warmen Sommermorgen von feuchtem Grunde ein Nebel aufsteigt, und man denselben anfangs an einem bekannten Orte sieht, so scheint er oft, sobald er den Boden verlassen hat und in die Höhe gestiegen ist, sehr auffallend entfernt zu seyn. Man würde es sich dann oft nicht einbilden, daß er von jener Stelle aufgestiegen ist, wenn man es nicht selbst kurz vorher gesehen hätte. Er erscheint nämlich auf eben die Art und in eben der Richtung, wie andere entfernte Wolken am Horizonte, wo der Unterschied der Entfernung

nicht zu erkennen ist. Denn zwischen den Wolken erstreckt sich keine sichtbare Fläche mehr, welches zu der Zeit noch der Fall war, als der aufgestiegene Nebel noch auf der Fläche lag.

Gesetzt, c Fig. 1. Taf. VII. wäre irgend ein Gegenstand (ein Mensch, ein Thier ꝛc.), den das Auge a in der Richtung a f sieht. Ist bei f oder hinter f ein Baum, ein Haus u. dgl., so wird dadurch leicht die Richtung oder Gegend bezeichnet, nach welcher hin das Auge den Gegenstand c erblickt. Nun bewegt sich aber der Gegenstand nach d hin, während das Auge in die Gegend von b kommt. Es haben sich also Gegenstand und Auge nach einerlei Gegend hin vorwärts bewegt; und doch scheint dem Auge bei b der Gegenstand rückwärts gekommen zu seyn. Denn nun sieht man den Gegenstand nach der Richtung b e; folglich erscheint er in der Gegend e oder hinter f, d. h. rückwärts in Beziehung auf f. Wir beurtheilen nämlich, wie wir längst wissen, den Ort des Gegenstandes immer nach

der Richtung, in welcher die Strahlen von ihm in unser Auge fallen.

Wäre der Gegenstand in derselben Zeit nach r gekommen, wo das Auge bis p hin rückte, so würde das Auge den Gegenstand in der Richtung p f gesehen haben. Dann hätte es also, weil der Gegenstand noch vor f stand, geschienen, als wenn der Gegenstand in Ruhe geblieben wäre.

Das sogenannte Herumirren der Planeten am Himmel (wovon diese auch ihren Namen, Irrsterne, Wandelsterne, erhalten haben) rührt blos von einer durch die veränderte Richtung der Gesichtslinien hervorgebrachten optischen Täuschung her. Obgleich nämlich die Planeten stets ihren ordentlichen Lauf um die Sonne haben, so scheinen sie uns doch auf eine sonderbare Weise von Westen nach Osten am Himmel hinzuziehen. Bald scheinen sie an einer Stelle am Himmel (zwischen Sternbildern des Thierkreises) eine Zeitlang still zu stehen; bald scheinen sie eine Strecke

zurückzugehen; bald scheinen sie wieder, schneller oder langsamer, vorwärts zu laufen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß nicht blos die Planeten, welche wir am Himmel wahrnehmen, sondern auch unsere Erde, um die Sonne sich drehen, und zwar der eine Weltkörper in längerer, der andere in kürzerer Zeit; der eine in größeren, der andere in kleineren Kreisen. So haben wir in der Erdbahn bald diesen, bald jenen Standort in Beziehung auf die Planeten. Und daher kommt es, daß die Gesichtslinien, welche wir uns zu verschiedenen Zeiten von unserm Auge nach irgend einem Planeten (z. B. nach Merkur, oder nach Venus, oder nach Mars, oder nach Jupiter u. s. w.) hin gezogen vorstellen, an so verschiedene Stellen des Himmels hinfallen, und zwar, in Beziehung auf eine gewisse Stelle des Himmels, in gleichen Zeiten bald mehr, bald weniger vorwärts, bald rückwärts, bald weder vorwärts, noch rückwärts, auf ähnliche Art, wie eine solche Täu-

schung vorhin an Fig. 1. Taf. VII. erläutert worden ist.

Sieht unser Auge o, Fig. 2. Taf. VII., zwei Gegenstände (z. B. zwei Menschen) in gerader Linie, den einen in a, den andern in b, und bewegen sich beide Gegenstände in gleichen Zeiten gleich geschwinde fort, legt demnach der eine den Weg ac, der andere den gleich langen bd zurück, so wird es uns doch vorkommen, als wenn der entferntere a langsamer vorwärts gegangen wäre, als der nähere b. Denn wenn man eine gerade Linie oc nach c, und eine andere od nach d zieht, so ist der Winkel aoc kleiner, als der Winkel bod, und zwar um den Winkel cod. Die wahren Geschwindigkeiten beider Gegenstände verhalten sich wie die Linien ac und bd; ihre scheinbaren aber wie die Winkel aoc und bod. Unter letzteren Winkeln (den Sehewinkeln) erscheinen dem Auge o die Wege der beiden sich fortbewegenden Gegenstände a und b, welche gleich weit bis c und d vorwärts kommen.

Hieraus erklärt sich nun wieder deutlich genug, wie ein entfernter Körper wirklich geschwinder sich fortbewegen und doch langsamer zu gehen scheinen kann, als ein naher. Je weiter demnach ein Körper von uns entfernt ist, desto langsamer scheint er, bei einerlei Geschwindigkeit, sich zu bewegen; weil der Sehewinkel oder die scheinbare Größe seines Weges in größerer Entfernung immer kleiner und kleiner wird.

Eine eigne Art von Täuschung ganz in der Nähe unseres Auges findet an dem bekannten Doppelkegel statt, der beim Unterricht in der Physik und zwar bei der Lehre vom Schwerpunkte pflegt vorgezeigt zu werden. Dieser Doppelkegel wird gleichsam durch zwei Kegel gebildet, welche mit ihrer Grundfläche (oder Basis) an einander sitzen und ihre Spitzen nach gerade entgegengesetzten Richtungen auswärts kehren. Zwischen den Schenkeln eines (durch ein hölzernes Gestelle dargestellten) Winkels, die von dem Scheitelpunkte oder Winkelpunkte

an schräg in die Höhe gehen, scheint jener Doppelkegel hinaufzurollen, obgleich er nur desto tiefer heruntersinkt. Man legt nämlich den Doppelkegel nahe an dem Scheitelpunkte zwischen den Winkel. Weil nun die Schenkel des Winkels sich erweitern, so hat der Doppelkegel die Freiheit zu rollen, d. h. er sinkt mit seinem Schwerpunkte immer tiefer hinab, obgleich die Schenkel immer höher hinaufgehen. Unsere Einbildung, welche sich blos mit dem Hinaufrollen beschäftigt, denkt nicht an das Sinken; und so scheint uns der Kegel zwischen den Schenkeln hinaufzusteigen. Daß er nicht hinauf- sondern tiefer herabkommt, kann man leicht sehen, wenn man erst beim Anfange des Rollens und dann zuletzt, wenn er an das Ende der Schenkel gekommen ist (etwa nur nach dem Augenmaaße) Perpendikel oder lothrechte Linien herabläßt. Beim Anfange des Rollens ist dann das Perpendikel größer; es wird aber allmälig kleiner, und am kleinsten ist es, wenn der

Kegel an das Ende der Schenkel (da wo sie am weitesten auseinander stehen) gekommen ist. Ein offenbarer Beweiß, nicht vom Hinaufsteigen, sondern vom Herabsinken.

Wenn ein Körper sich so schnell bewegt, daß er sich an keinem Orte so lange Zeit verweilt, als zu dem Gesichtseindrucke erforderlich ist, um sein Daseyn zu empfinden, so sieht man ihn gar nicht. So sieht man z. B. eine abgeschossene Flintenkugel nicht in der Luft, welche in jedem Augenblicke an einer andern und andern Stelle ihres Weges ist.

Zehntes Kapitel.

Die Fernröhre überhaupt.

Fernröhre nennt man alle diejenigen Werkzeuge, womit man entfernte Gegenstände deutlicher und unter einem größern (oft mehrere hundertmal, mehrere tausendmal größerm) Sehewinkel erblickt, als mit bloßem Auge. Dadurch wird also der Gegenstand (im Bilde) dem Auge um eben so viele Mal näher gerückt.

Wie nützlich daher die Fernröhre sind, sowohl zu Beobachtungen auf dem Lande, hauptsächlich im Kriege und bei großen Vermessungen, als auch auf der See, und insbesondere zur Betrachtung der Himmelskörper, weiß Jeder. Wie sehr würde die Sternkunde noch zurück seyn, wenn keine Fernröhre existirten, womit vornehmlich in den neuern Zeiten, wo

jene Instrumente so ungemein vervollkommnet wurden, so viele und so große Entdeckungen am Himmel gemacht worden sind!

Alle Fernröhre theilt man in dioptrische und in katoptrische Fernröhre ein. Jene, welche oft auch nur Fernröhre, Tubi, schlechthin genannt werden, bestesten blos aus Gläsern, die in eine hölzerne, pappene oder messingene Röhre eingeschlossen sind. Diese bestehen aus Spiegeln und Gläsern, welche gleichfalls in einer Röhre sich befinden. Die dioptrischen Fernröhre verdanken ihre Wirkung blos der Brechung der Lichtstrahlen; die katoptrischen aber der vereinten Wirkung der Zurückwerfung und der Brechung. Letztere werden deswegen auch Reflectoren oder Spiegelteleskope genannt. Sowohl von den dioptrischen, als auch von den katoptrischen Fernröhren hat man wieder verschiedene Arten, wie sich aus der Folge ergeben wird.

Höchst wahrscheinlich ist das Fernrohr erst

gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts, und zwar im Jahr 1590, von dem holländischen Brillenmacher Zacharias Jansen zu Middelburg erfunden worden. Zwar weiß man, daß Sternseher schon im dreizehnten, vierzehnten und funfzehnten Jahrhundert die Himmelskörper mit Röhren betrachteten; aber diese Röhren waren Röhren ohne Gläser, welche blos zum Deutlicher-Sehen dienten. Jeder, der eine solche Röhre (oder auch nur die röhrenartig zusammengehaltene Hand) vor ein Auge hält, kann leicht die Erfahrung machen, daß man dann entfernte Gegenstände besser sieht, als mit bloßem Auge, weil eine solche Röhre die Seitenstrahlen von dem Auge abhält, welche sonst bei der Betrachtung jener Gegenstände immer eine Undeutlichkeit bewirken.

Im Jahr 1608 war der Gebrauch der Fernröhre schon ziemlich bekannt. Aber die Kunst, sie zu verfertigen, verstanden doch nur wenige Männer. Deswegen waren diese Instrumente

noch so kostbar, daß selbst viele sehr vornehme und reiche Leute sie zu kaufen sich nicht getrauten. Nach und nach legten sich mehrere geschickte und talentvolle Männer auf das Glasschleifen und auf die Verbindung der Gläser zu Fernröhren. Besonders gaben Galileo Galilei seit dem Jahr 1609 und Kepler seit dem Jahr 1610, durch die Erfindung eigner Arten von Fernröhren, Veranlassungen zur Vermehrung und Vervollkommnung dieser so höchst nützlichen Instrumente.

Eilftes Kapitel.

Die dioptrischen Fernröhre insbesondere.

Die Hauptarten der dioptrischen Fernröhre sind folgende:

1) Das holländische oder Galileische Fernrohr;

2) Das astronomische oder Keplersche Fernrohr;

3) Das terrestrische Fernrohr oder Erdrohr.

1) Galileisches Fernrohr.

Das Galileische oder holländische Fernrohr, von dem berühmten italienischen Naturforscher Galilei im Jahr 1609 zuerst angegeben, bald aber von holländischen Künstlern nachgemacht, besteht aus zwei Gläsern, einem convexen Objectivglase (welches nach dem zu betrachtenden Gegenstande

hingekehrt wird) und aus einem concaven Okularglase (welches man an das Auge hält).

Die Entfernung des (dem concaven Glase zugehörigen) negativen Brennpunktes muß bedeutend kleiner seyn, als die Brennweite des convexen Objektivglases; und der Abstand beider Gläser in der Röhre von einander muß ohngefähr dem Unterschiede beider Brennweiten gleich seyn, d. h. der negative Brennpunkt der concaven Linse muß mit dem Brennpunkte des Objektivglases auf der Seite des Auges beinahe zusammen fallen. Je kleiner nun die Brennweite des Okularglases gegen diejenige des Objektivglases ist, desto stärker ist die Vergrößerung. Ueberhaupt kann man als Regel annehmen: so viele Male, als die negative Brennweite des Okularglases in der Brennweite des Objektivglases enthalten ist, eben so viele Male ist der Sehewinkel des Durchmessers von dem durch das Fernrohr

gesehenen Bilde größer, als der ohne das Instrument dem Auge erscheinende Sehewinkel des Durchmessers von dem beobachteten Gegenstande.

Die Wirkung dieses Fernrohrs wird durch folgende Betrachtung deutlich werden.

Wenn A, Fig. 3. Taf. VII., das convexe Objektivglas, B das concave Okularglas des Galileischen Fernrohrs bedeutet und a b ein mit demselben beobachteter entfernter Gegenstand ist, so werden von allen Punkten des letzteren Strahlen auf das Objektivglas A fallen. Diese Strahlen werden beim Eingange in das Glas und beim Ausgange aus demselben auf die bekannte Art gebrochen. Die gebrochenen Strahlen aber fallen in das concave Okularglas B und werden von demselben abermals beim Ein- und Ausgange gebrochen. Divergirend kommen diese gebrochenen Strahlen aus dem Glase heraus und divergirend fallen sie daher ins Auge. An die Stelle nun,

wo die verlängert gedachten divergirenden Strahlen sich schneiden, fällt das Bild des Gegenstandes hin. Dieses Bild ist, wie man leicht zeigen kann, dem Auge sehr nahe gebracht, aufrecht, aber kleiner als der Gegenstand selbst.

Um nun Ort und Lage des Bildes zu bestimmen, so braucht man bekanntlich nur vom obersten und vom untersten Punkte des Gegenstandes ein Paar Strahlen auf das Objektivglas fallend sich gedenken. Nimmt man z. B. erst ein Paar solche Strahlen (etwa einen schief und den andern perpendikulär auf das Glas fallenden) von dem obersten Punkte a des Gegenstandes herkommend an, und verfolgt man sie auf ihrem Wege durch die beiden Gläser A und B, so wird man finden, daß sie in der Richtung eh und ig aus dem Okularglase herauskommen. Verlängert gedacht schneiden sie sich in dem Punkte α; sie machen also hier das Bild des Punktes a. Verfolgt man eben so ein Paar von dem untersten Punkte b des

Gegenstandes herkommende Strahlen auf ihrem Wege durch die beiden Gläser A und B, so wird man finden, daß sie in der Richtung cd und ef das Okularglas verlassen. Verlängert gedacht, schneiden sie sich in dem Punkte β; folglich ist β das Bild des Punktes b, und $a\beta$ ist das Bild des ganzen Gegenstandes ab.

Gewöhnlich wird dies Fernrohr, welches zwar hell, einfach und bequem, sonst aber nicht so wirksam als die übrigen Fernröhre ist, nur als Taschenperspectiv gebraucht. Man muß nämlich das Auge ganz dicht hinter das Okularglas halten, sonst treffen die von den äußersten Punkten des Gegenstandes herkommenden Strahlen das Auge schon nicht mehr. Und eben hieraus folgt, daß das Gesichtsfeld (oder der Raum, welchen man auf einmal übersieht) bei diesem Fernrohre nur klein ausfällt, und zwar desto kleiner, je stärker die Vergrößerung ist.

Das Instrument ist entweder nur aus

zwei Röhren, welche die Gläser enthalten und sich in einander verschieben lassen, oder, noch größerer Bequemlichkeit wegen, aus drei, vier und mehr solchen Röhren zusammengesetzt. Kurzsichtige, welche nur mittelst divergirender Strahlen deutlich sehen, müssen das Okularglas etwas näher an das Objektivglas bringen. Sie erhalten aber eine geringere Vergrößerung durch das Fernrohr.

2) Keplersches Fernrohr.

Auch das von dem berühmten Astronomen Kepler zuerst angegebene astronomische Fernrohr oder Keplersche Fernrohr hat nur zwei Gläser; aber zwei convexe Gläser, ein convexes Objektivglas und ein convexes Okularglas. Es stellt die Gegenstände deutlicher und mehr vergrößert vor, als das Galileische Fernrohr, aber verkehrt, und ist deswegen nur zum astronomischen Gebrauch bestimmt.

Das Objektivglas des astronomischen Fernrohrs ist von einer viel größern Brennweite,

als das Okularglas. Beide Gläser stehen um die Summe ihrer Brennweiten von einander. Das Instrument vergrößert um so viele Mal, als die Brennweite des Okularglases in der Brennweite des Objektivglases enthalten ist.

Soll daher das Fernrohr z. B. hundertmal vergrößern, so kann die Brennweite des Okularglases 1 Zoll, des Objektivglases 100 Zoll; oder auch des Okularglases 2 Zoll, des Objektivglases 200 Zoll; oder auch des Okularglases 3 Zoll, des Objektivglases 300 Zoll; oder auch des Okularglases $\frac{1}{2}$ Zoll, des Objektivglases 50 Zoll ꝛc. seyn. Das Rohr selbst ist dann einen oder ein Paar Zoll länger, als die Brennweite des Objektivglases.

Bei Betrachtung der Himmelskörper (auch beim Feldmessen auf der Erde) macht es keine Unbequemlichkeit, daß der Gegenstand durch das Fernrohr umgekehrt gesehen wird. Da das Okularglas für ein kurzsichtiges Auge dem durch das Instrument hervorgebrachten

Bilde näher stehen muß, als für ein weitsichtiges, so giebt man auch hier dem Okularglase immer eine eigne Fassung oder ein eignes Rohr, welches sich in derjenigen Röhre hin und her schieben läßt, worin das Objektivglas eingefaßt ist. Auch für einerlei Auge muß bei Betrachtung entfernter Gegenstände das Okularglas dem Objektivglase näher gebracht werden, als bei Betrachtung näherer Objekte. Denn das Bild der letzteren fällt etwas über den Brennpunkt hinaus. Helligkeit und Deutlichkeit nimmt übrigens bei diesem Fernrohre zu, wenn die Lichtstrahlen, ehe sie hinter dem Objektivglase ein Bild machen, mit einem eignen sogenannten Collectivglase aufgefangen werden.

3) Erdrohr.

Für die Beobachtung irdischer Gegenstände dachte Pater Rheita nur wenige Jahre nach Keplers Erfindung eine andere Einrichtung des Fernrohrs aus, wodurch das umgekehrte Bild des Keplerschen Instruments

noch einmal umgekehrt werden mußte, damit man den Gegenstand aufrecht oder in seiner natürlichen Lage und Stellung erblickte. Dies erreichte er dadurch, daß er vor das Okularglas noch zwei andere convexe Okulargläser setzte, so daß also ein solches Erdrohr eigentlich drei Okulargläser, und mit dem Objektivglase zusammen vier convexe Gläser enthielt. In der Folge hat man ihm sogar fünf Okulargläser gegeben.

Bedeutet Fig. 4. Taf. VII. ein Erdrohr mit vier Gläsern, A, B, C und D, und stellt ab einen beobachteten Gegenstand vor, so kann man sich die Wirkung eines solchen Instruments leicht erklären, wenn man nur den Weg der von dem Gegenstande in die Gläser einfallenden und gebrochenen Strahlen verfolgt. So wird man finden, daß die Strahlen von dem obersten Punkte a des Gegenstandes aus dem letzten Glase D in der Richtung ab und cd, diejenigen von dem untersten Punkte b in der Richtung cf und gh wieder

herauskommen. Denkt man sich diese und jene Strahlen verlängert, so schneiden sich die Strahlen a b und c d in dem Punkte α, die Strahlen c f und g h in dem Punkte β; folglich ist $\alpha\beta$ das Bild des Gegenstandes a b. Es ist aufrecht, vergrößert und dem Auge, welches die aus dem Glase D herauskommenden Strahlen auffängt, sehr nahe gebracht.

Leicht kann man durch Fig. 4. auch die Lage und den Ort des Bildes finden, wenn das Fernrohr nur zwei convexe Gläser enthält, folglich ein Sternrohr ist. Man braucht dann nur die von dem obern und untern Punkte des Gegenstandes herrührenden Strahlen bis zu ihrem Ausgange aus dem zweiten Glase B zu verfolgen und die aus diesem Glase herausgefahrenen Strahlen wieder so weit verlängert sich gedenken, bis sie sich schneiden. So wird sich ergeben, daß das Bild zwar ebenfalls vernähert und vergrößert, aber umgekehrt ist, der Punkt α des Bildes unten, der Punkt β oben.

Man wendet das Erdrohr deswegen nicht gern zum astronomischen Gebrauch an, weil es die Gegenstände nicht so hell zeigt, als ein Sternrohr, welches eben so stark vergrößert. Denn bei jedem Durchgange des Lichts durch ein Glas wird das Licht geschwächt, im Ganzen also desto mehr, je mehr Gläser es passiren muß. Aber, wie schon erwähnt, bei astronomischen Beobachtungen ist es ziemlich gleichgültig, ob man die Gegenstände aufrecht oder verkehrt sieht.

4) Achromatische Fernröhre insbesondere.

Eine ordentliche Größe des Gesichtsfeldes, oder des durch ein Fernrohr zu übersehenden Raums, sucht man dadurch zu erhalten, daß man das Objektivglas hinreichend groß macht. Indessen findet wegen der Kugelgestalt der Gläser immer eine gewisse Undeutlichkeit der Bilder und eine Farbenzerstreuung statt, welche man dadurch verringert, daß man die Gläser mit Blendungen (am Rande mit schwarzen Bedeckungen, S. 113 f.)

versieht, um nur diejenigen Strahlen zu benutzen, welche nahe bei der Axe einfallen. Aber Blendungen verkürzen wieder das Gesichtsfeld des Fernrohrs. Auch schaffen sie die Farben nicht ganz hinweg, welche durch die Spaltung des brechenden Lichts entstehen (S. 123 f.). Denn alle Gegenstände, welche man durch solche Fernröhre ansieht, sind noch immer mit farbigten Säumen begränzt.

Durch Newtons Entdeckung von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts war man überzeugt geworden, daß vornehmlich die Zerspaltung des Lichts in seine farbigten Strahlen die Undeutlichkeit bewirkte (S. 124.), und zwar um so mehr, je mehr die Flächen der Linsengläser vom Parallelismus abweichen. Der berühmte Euler suchte im Jahr 1747 diesen Fehler durch eine eigne Zusammensetzung verschiedener Mittel, vornehmlich durch Glas und Wasser, hinwegzuschaffen, ein Verfahren, welches schon 50 Jahre vorher der Britte Gregory in Vorschlag gebracht hatte. Er

selbst konnte aber eben so wenig, als der Schwede Klingenstierna, der dasselbe zu erreichen suchte, die Praxis mit der Theorie so in Einklang bringen, daß der erwartete Effek in gehöriger Vollkommenheit zum Vorschein gekommen wäre.

Erst der Engländer John Dollond war so glücklich, nach mannigfaltigen Untersuchungen eine Brechung ohne Farben, und zwar durch bloßes Glas, zuwege zu bringen. Er wurde auf seine Erfindung durch die Beobachtung geleitet, daß das Auge die Lichtstrahlen bricht, ohne sie in Farben zu zerstreuen, und daß die Fähigkeit der verschiedenen durchsichtigen Mittel, die Lichtstrahlen zu brechen, mit derjenigen, die Farben zu zerstreuen, nicht immer in directem Verhältniß stehe. Im Jahr 1757 machte er seine ersten Versuche mit verschiedenen Glasarten, die nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit und Farbenzerstreuungs-Fähigkeit so construirt und mit einander verbunden waren, daß sie ganz und gar keine

Farben mehr darstellten. Von dem schwächer brechenden Kronglase (einem sehr reinen klaren Crystallglase) bildete er eine convexe Linse, wie a Fig. 1. Taf. VIII., und von dem stärker brechenden Flintglase oder Kieselglase (aus zermahlnen Feuersteinen und rothem Bleikalke oder Mennige verfertigt) bildete er eine concavconvexe Linse b; beide Linsen aber brachte er mit einander in unmittelbare Berührung, so, daß sie dann gleichsam ein einziges Objektivglas ausmachten. Dieses stellte nun (gleichsam durch eine Compensation des verschiedenen Brechungsvermögens) ganz und gar keine Farben mehr dar.

Freilich hatte Dollond erst, sowohl bei der Fabrikation des Flintglases, als auch bei der Bildung der Linse selbst, viele Schwierigkeiten zu bekämpfen, ehe er seinen Zweck vollkommen erreichte. Als er aber einmal so weit gekommen war, da machte er dioptrische Fernröhre von geringer Länge mit so großen Oeffnungen und Vergrößerungen, daß sie nach dem

Urtheile der Kenner alles leisteten, was man damals nur erwarten konnte. Sie stellten die Gegenstände sehr deutlich und mit ihrer wahren Farbe dar. In der Folge verbesserte Dollond seine Fernröhre noch dadurch, daß er eine concavconcave Linse von Flintglase, b Fig. 2, zwischen zwei doppelt-convexe Linsen, a und c, von Kronglas setzte; und diese drei unmittelbar an einander gebrachte Linsen zusammen bildeten das Objektivglas des Fernrohrs.

Alle so eingerichtete Fernröhre haben in der Folge den Namen achromatische (farbenlose) Fernröhre, auch Dollondsche Fernröhre bekommen.

Bis auf die neueste Zeit konnte man nur in England vollkommen gutes Flintglas verfertigen; aber nie konnte man ganz blasenfreie und reine Stücke erhalten, woraus sich Objektivlinsen von 8 bis 12 Zoll Breite hätten verfertigen lassen. Erst seit wenigen Jahren verfertigt man in Deutschland und zwar in der Reichenbach-Utzschneiderschen Fabrik

bei München, das Flintglas in einer Vollkommenheit, wie es die Engländer nie im Stande waren, und macht Fernröhre mit 8 bis 12 Zoll breiten Objektivgläsern daraus, die in Hinsicht der Deutlichkeit und Stärke der Vergrößerung alles übertreffen, was bis dahin je in den optischen Künsten geleistet worden ist. Alle übrigen Fernröhre stehen mit diesen, in Hinsicht ihrer Wirkung, kaum einen Vergleich aus.

Uebrigens mußten, nicht blos Dollond selbst, sondern auch alle Künstler, welche in der Folge in seine Fußstapfen traten, das Geständniß ablegen, daß selbst die scharfsinnigsten Theorien der geschicktesten Mathematiker, z. B. des Euler, über diesen Gegenstand, namentlich über die Gestalt der Objektivlinsen, sich nicht allgemein anwenden ließen, weil in den Glasmassen gar zu viele Verschiedenheiten vorkommen. Blos Erfahrungen haben den Dollond ganz sicher geleitet.

Man

Man kann ein achromatisches Fernrohr leicht prüfen, wenn man entfernte Gegenstände dadurch ansieht. Diese müssen recht deutlich und ohne farbigte Säume, Streifen, Wolken rc. erscheinen. Blendungen oder schwarze Rand-Bedeckungen kommen bei solchen Fernröhren nicht vor. Aber die Röhren selbst sind inwendig schwarz angestrichen, um dadurch eingedrungene falsche Strahlen vom Reflectiren abzuhalten. Auch hierdurch trägt man nicht wenig zur Vermehrung der Deutlichkeit bei.

Zwölftes Kapitel.

Die katoptrischen Fernröhre oder Spiegelteleskope insbesondere.

Katoptrische Fernröhre, Reflectoren oder Spiegelteleskope giebt es folgende drei verschiedene Arten:

1) Das Newtonsche Teleskop, jetzt gewöhnlich Herschelsches Teleskop genannt;

2) Das Cassegrainsche Teleskop;

3) Das Gregorysche Teleskop.

1) Newtonsches oder Herschelsches Teleskop.

Das Newtonsche Teleskop, von dem großen Britten Newton erfunden, ist das älteste unter diesen verschiedenen Arten. Newton, welcher die Unvollkommenheit der damaligen Fernröhre wegen der Farbenzerstreuung erkannte und die Vermeidung dieser

Farbenzerstreuung bei dioptrischen Fernröhren für unmöglich hielt, suchte das Objektivglas durch Spiegel zu ersetzen, welches ihm auch wirklich auf eine vorzügliche Art gelang.

In dem Hintergrunde eines Rohrs von größerer oder geringerer Länge und Weite brachte Newton einen (das Objektivglas vertretenden) Hohlspiegel rr, Fig. 4. Taf. VIII., so an, daß dessen hohle spiegelnde Fläche nach der Oeffnung des Rohrs hingekehrt war. Nach dem zu beobachtenden Gegenstande wird diese Spiegelfläche beim Gebrauch des Instruments hingewendet. Die Axe des Spiegels muß aber mit der Axe des Rohrs vollkommen zusammen treffen.

Strahlen, welche von einem Gegenstande herkommen und zu der großen Oeffnung des Rohrs hereinfallen, wie pr und qr, werden von dem großen Hohlspiegel rr, sobald sie ihn treffen, so reflectirt, daß sie auf ihrem Rückwege einen kleinen ebenen Spiegel A erreichen, der ihnen seine blanke Fläche entgegen kehrt.

Dieser Spiegel, welcher in der Axe des Fernrohrs, unter einem Winkel von 45 Graden gegen dieselbe geneigt, sich befindet und einen so geringen Raum wie möglich einnehmen muß, reflectirt die Strahlen abermals und zwar so, daß sie zu einer Seitenöffnung B herausfallen, in welcher eine Röhre mit einem Okularglase angebracht ist. Das Glas schickt die Strahlen dem Auge zu, welches vor ihnen liegt. Dies sieht nun den Gegenstand vergrößert, aber umgekehrt.

Das erste Newtonsche Teleskop von dieser Art wurde im Jahr 1672 der königlichen Societät zu London vorgelegt. Es vergrößerte nur 30 bis 40 mal.

Da man in dieses Teleskop zur Seite hineinblickt, und da es gewöhnlich groß und dick ist, so erleichtert man sich das Aufsuchen der Gegenstände durch ein anderes kleines, über dem Rohre mit der Axe gleichlaufend angebrachtes, dioptrisches Fernrohr, welches Finder oder Sucher genannt wird.

Die Spiegel in den Teleskopen dürfen wegen bekannter Ursachen (S. 43.) nicht von Glas seyn. Man muß sie daher von Metall machen und zwar von solchem Metalle, welches sich schön poliren läßt, welches nicht rostet und auch, wo möglich, nicht anläuft. Man verfertigt sie gewöhnlich aus einer Metallcomposition von Kupfer, Zinn und Arsenik. Sehr brauchbares Spiegelmetall, welches eine schöne Politur annimmt, erhält man aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theile Zinn, nebst etwas Silber, Wismuth und Arsenik. Noch schönere Spiegel würde man aus Platin verfertigen können, wenn dieses Metall nicht so kostbar wäre.

Sphärische Hohlspiegel sind aus bewußten Ursachen (S. 49 f.) immer unvollkommen. Die besten Spiegel sind die parabolischen. Aber sie sind viel schwerer zu gießen und zu schleifen. Und doch hat schon im Jahr 1734 der Schottländer Short diese Kunst sehr gut verstanden. Er verfertigte ein

12 Fuß langes Newtonsches Teleskop mit einem solchen Spiegel, welches 1200 mal vergrößerte. Aber erst eine Reihe Jahre nachher hat der Deutsche Herschel in England dieselbe Kunst zu einem noch weit höhern Grade von Vollkommenheit gebracht.

Herschel, in Hannover geboren, war daselbst Hautboist eines Infanterie-Regiments. Aber er war zugleich ein treffliches mechanisches Genie und überhaupt ein scharfsinniger Forscher. Er studirte blos für sich Mathematik, hauptsächlich Astronomie, und übte sich in allerlei mechanischen Handarbeiten. Als sein Regiment einmal nach England übersetzen mußte, da nahm er daselbst seinen Abschied und legte sich in seinem neuen Vaterlande, welches er bis zu seinem (im Jahr 1822 erfolgten) Tode nicht wieder verließ, ganz auf seine Lieblingsfächer, Mechanik und Astronomie. Vorzüglich gab er sich ungemein viele Mühe um die Verfertigung besserer Teleskope, als diejenigen waren, welche man bisher fa-

bricirte; und wirklich hatte er auch schon nach wenigen Jahren eine große mechanische Werkstatt, worin treffliche Reflectoren verfertigt wurden.

Anfangs machte Herschel Newtonsche Teleskope von 2 bis 20 Fuß Länge (auch Gregorysche von 1 bis 10 Fuß Brennweite). Die zwanzigfüßigen brachte er bis auf siebentausendmalige Vergrößerung. Im Jahr 1781 fing er an, ein dreissigfüßiges Teleskop zu verfertigen. Da ihm aber der Spiegel dazu zweimal beim Gießen verunglückte, so ließ er ihn ruhen und behalf sich noch immer mit zwanzigfüßigen Röhren, womit er selbst eine Menge Entdeckungen am Himmel machte. Nach ein Paar Jahren wurde jedoch wieder der Trieb in ihm rege, ein größeres Teleskop zu Stande zu bringen; und da er von der königl. Societät der Wissenschaften dazu sehr aufgemuntert und von dem Könige selbst auf das Freigebigste unterstützt wurde, so machte er sich bald an das Werk, und zwar

nicht zur Vollendung eines dreissigfüßigen, sondern sogar eines vierzigfüßigen Teleskops. Nachdem ein Paar Spiegel beim Guß wieder mißrathen waren, so fiel der dritte im Februar 1788 sehr gut aus; und dadurch war für ihn die Hauptschwierigkeit gehoben, so daß nach einiger Zeit das merkwürdige Instrument in seiner riesenmäßigen Gestalt und in bewundrungswürdiger Vollkommenheit fertig da stand.

Der mittelst einer eignen künstlichen Maschinerie sehr genau geschliffene und polirte Hohlspiegel dieses vierzigfüßigen Teleskops wiegt 2118 Pfund. Er ist hinten 49½, vorn in der polirten Fläche 48 Zoll breit. Seine Dicke beträgt 3½ Zoll. Die Röhre selbst ist von Eisenblech verfertigt. Wegen der sehr großen Oeffnung des Rohrs fällt eine ausserordentliche Menge Licht auf den Spiegel; und hieraus entsteht eine ganz ungemeine Helligkeit und Deutlichkeit.

Leicht kann man Okulargläser von so kur-

zen Brennweiten in die Okularröhre einsetzen, daß das Instrument dreitausendmal und noch mehr vergrößert. So starke Vergrößerungen werden vornehmlich bei Betrachtung der Fixsterne gebraucht.

Auch das Gestelle dieses Riesenteleskops, womit Herschel so viele wichtige Entdeckungen am Himmel machte, ist sehr künstlich eingerichtet. Mittelst desselben kann das Instrument von der Hand eines Menschen sehr leicht in horizontaler und vertikaler Ebene umgedreht werden. Die Basis, auf welcher sich die ganze Maschine herumdrehen läßt, hat 42 Fuß im Durchmesser. Sie steht in dem Garten der Sternwarte zu Greenwich.

Uebrigens hatte Herschel auf die Vollendung leicht bewegbarer künstlicher Gestelle schon damals sein Augenmerk gerichtet, als er blos Teleskope bis zu zwanzig Fuß verfertigte. Seine sinnreichen Erfindungen darüber pflanzten sich bis zu dem 40füßigen Teleskope und weiterhin fort.

In Deutschland trat vornehmlich Schröter, der berühmte Lilienthaler Astronom, in Herschels Fußstapfen. Dieser brachte zwar kein vierzigfüßiges, aber doch ein sieben und zwanzigfüßiges sehr gutes Spiegelteleskop zu Stande, welches seit des Verfertigers Tode auf der Göttinger Sternwarte sich befindet. Auch Professor Schrader in Kiel, gleichfalls ein trefflicher Mechaniker, verfertigte sehr brauchbare Reflectoren von 26 bis 27 Fuß Länge.

Indessen haben heutiges Tages, wo die dioptrischen Fernröhre auf eine so unerwartet hohe Stufe von Vollkommenheit gebracht worden sind, die Bemühungen um die weitern Verbesserungen der Newtonschen Teleskope aufgehört, weil auch wirklich ein großes achromatisches Fernrohr mit ansehnlichem Objektivglase, z. B. ein Reichenbach'sches, viel brauchbarer ist, als ein gutes Spiegelteleskop. Denn schon der Spiegel A, wenn er auch klein ist, hält viele Strahlen ab, in den

Hohlspiegel zu fallen, und zwar diejenigen Strahlen, welche auf die Mitte des Spiegels losgehen würden.

2) Cassegrainsches Teleskop.

In dem Cassegrainschen Teleskope, schon zu Newtons Zeit von dem Franzosen Cassegrain erfunden, ist statt des Planspiegels ein kleiner convexer Spiegel so gestellt, daß sein Brennpunkt über den Brennpunkt des Hohlspiegels hinaus fällt. Das Okularglas befindet sich in der Axe des Teleskops (wie es auch bei dem nachfolgenden Gregoryschen, Fig. 5, der Fall ist), und deswegen muß die Mitte des Hohlspiegels durchlöchert seyn. Ueberhaupt ist es dem bald zu beschreibenden Gregoryschen Teleskope in der Lage und Einrichtung der Theile ganz ähnlich, den convexen Spiegel ausgenommen. Nur zeigt es die Gegenstände nicht aufrecht, sondern umgekehrt.

Man hat hin und wieder geglaubt, das Cassegrainsche Teleskop habe einige Vorzüge

vor dem Newtonschen, sowohl weil es kürzer sey, als auch weil der kleine Converspiegel durch die Zerstreuung der Strahlen (S. 54 f.) das Bild, welches der Hohlspiegel macht, sehr vergrößern müsse. Newton selbst tadelte manches an dem Cassegrainschen Teleskope mit Recht, vornehmlich die Durchlöcherung des Hohlspiegels (um die von dem Converspiegel zurückgeworfenen Strahlen nach der Okularröhre hinzulassen), wodurch freilich der beste Theil des Spiegels, welcher die zunächst der Axe kommenden Strahlen auffangen sollte, verloren ging.

Der Engländer Mitchel fand bei genauerer Untersuchung des Cassegrainschen Teleskops, daß die Undeutlichkeit des großen Hohlspiegels, wegen der Kugelgestalt, durch den sphärischen Converspiegel, welcher eigentlich hyperbolisch (nach der Hyperbel gebildet) seyn sollte, noch mehr vergrößert; durch einen sphärischen Hohlspiegel aber, der eigentlich elliptisch seyn sollte, eher vermindert würde. Er zog

daher auch das nachfolgende Gregorysche Spiegelteleskop dem Cassegrainschen vor; und wirklich ist es auch von jeher viel beliebter gewesen.

3) Das Gregorysche Teleskop.

Die Einrichtung des Gregoryschen Teleskops, welches der Schottländer Gregory zu Newtons Zeit angab, wird Fig. 5. Taf. VIII. deutlich machen.

Dieses Teleskop besteht (wie das Cassegrainsche) aus einem großen, in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel mm, dessen Fläche jedesmal nach dem zubetrachtenden Gegenstande hingekehrt ist, weil sie sich nach der Hauptöffnung des Rohrs hinwendet, und aus einem kleinen Hohlspiegel C, dessen spiegelnde Fläche nach der Fläche des großen Hohlspiegels hingekehrt ist. Die Mitte beider Spiegel fällt in die Axe des Rohrs, und ihre Entfernung von einander ist ohngefähr der Summe ihrer Brennweiten gleich.

Strahlen, wie pm, qm, welche von dem beobachteten Gegenstande herkommen, fallen erst auf den großen Hohlspiegel mm, und werden

von demselben so zurückgeworfen (nach den bekannten Gesetzen S. 44 f.), daß sie den kleinen Hohlspiegel C treffen. Dieser aber reflectirt sie wieder so, daß sie durch das Loch des Hohlspiegels mm hindurchfahren und dann auf zwei Gläser, A und B, treffen, welche sich in der Okularröhre befinden. Das vor B liegende Auge empfängt also die Strahlen und sieht daher das Bild des Gegenstandes, den man betrachtet. Dieses Bild ist aufrecht, wie der Gegenstand selbst. Deswegen hat man das Gregorysche Teleskop immer gern zu Beobachtungen auf der Erde angewendet.

Die Durchbohrung des Hauptspiegels in der Mitte ist bei Gregorys Teleskope eine eben so große Unvollkommenheit, wie bei Cassegrains Instrumente. Denn gerade der beste Theil des Spiegels für die nahe an der Axe einfallenden Strahlen geht hierdurch verloren.

Dreizehntes Kapitel.

Noch einige besondere Arten von Fernröhren.

Bald nach der Erfindung der Fernröhre legte man nicht selten einen großen Werth darein, recht lange Fernröhre zu besitzen, um recht starke Vergrößerungen zu erhalten. Aber bald fand man diese Fernröhre beim Beobachten sehr unbequem. Deswegen that Hartsoeker, ein niederländischer Optiker, den Vorschlag, die Röhre ganz wegzulassen und das Objektivglas in freier Luft, etwa an der Spitze eines Baums, einer Mauer u. dgl. zu befestigen. Auf diese Weise erhielt man wirklich sogenannte Luftfernröhre, welche der berühmte holländische Naturforscher Huyghens dadurch verbesserte, daß er das Objektivglas in eine kurze Röhre faßte und so an eine lange

Stange fest machte. Die Röhre konnte er mittelst einer Nuß (einer in einer Hülse liegenden Kugel mit Stellschraube, wie bei den Stativen mancher Fernröhre und Meßinstrumente) regieren. Der französische Mathematiker de la Hire schloß das Objektivglas nicht in eine Röhre, sondern in ein Bret ein. Aber alle diese Mittel, starke Vergrößerungen zu bekommen, waren nicht blos noch immer unbequem, sondern auch sehr unvollkommen. Erst Dollond half durch seine Erfindungen (S. 267 f.) diesen Unvollkommenheiten ab.

Ein doppeltes Fernrohr, in dessen beide Röhren man zu gleicher Zeit mit beiden Augen hineinsehen kann, schlug schon Pater Rheita vor. Pater Cherubino von Orleans suchte es allgemeiner zu machen. Aber dies glückte ihm nicht, weil man durch ein Fernrohr mit einem Auge wirklich schärfer sieht.

Eine besondere Art von Fernröhren, die aber nur den Astronomen interessiren, ist unter an-

andern noch das Culminationsinstrument oder Passageinstrument, d. h. ein Fernrohr, das sich genau in der Fläche eines Mittagskreises bewegt. Das Amphidioptrische Fernrohr ist ein solches, durch welches man auf beiden Seiten hineinsehen kann. Man hat von diesem Fernrohre nie einen wesentlichen Gebrauch gemacht. Nützlicher sind die Nachtfernröhren, Katzenaugen oder Kometensucher, oder diejenigen, welche zwar weniger vergrößern, aber desto mehr übersehen lassen, und wegen ihrer großen Oeffnung Gegenstände, welche nicht sehr leuchten, wie z. B. Kometen, Nebelsterne u. dgl., viel besser sichtbar machen, als stark vergrößernde Fernröhre.

Vierzehntes Kapitel.

Die Mikroskope.

Das einfache Mikroskop (Microscopium simplex) ist blos eine eingefaßte Convexlinse von sehr kurzer Brennweite. Sie vereinigt die Lichtstrahlen nach der Brechung auf der Hinterseite nahe an sich, macht dadurch die gebrochenen Strahlen sehr stark convergirend und daher von den Gegenständen in ihrer Nähe sehr stark vergrößernde Bilder. Je kleiner die Brennweite des Glases ist, desto stärker ist seine Vergrößerung. Ueberhaupt ist diese Vergrößerung so oftmalig, als die Brennweite der Linse in der zum deutlichen Sehen nöthigen Entfernung enthalten ist.

Man wendet das einfache Mikroskop an, sehr kleine Gegenstände stark vergrößert und

ihre verschiedenen Theile sehr deutlich zu sehen (S. 102 f.). Man würde sonst solche kleine Gegenstände (z. B. sehr kleine Naturkörperchen, sehr kleine Kunstsachen u. dgl.), um sie zu erkennen, gar zu nahe vor das Auge bringen müssen; und wenn man dies thäte, so würde man sie nie deutlich sehen, weil dann ihr Bild hinter die Netzhaut fiele. Dem Naturhistoriker, dem Uhrmacher, dem Miniaturmaler und mehreren andern Personen ist das einfache Mikroskop wirklich ein sehr nützliches Instrument.

Aber von bei weitem größerer Wirkung und viel bequemer ist das zusammengesetzte Mikroskop (Microscopium compositum). Dieses Mikroskop besteht gewöhnlich aus drei (zuweilen auch nur aus zwei) in einer vertikalen Röhre eingeschlossenen erhabenen Gläsern, wovon das untere nach dem Gegenstande hingekehrte, das sogenannte Objektivglas, eine sehr kurze Brennweite hat. Auf diesem Objektivglase beruht der Grad des

Vergrößerns. Dasjenige Glas, an welches man das Auge hält, wird Okularglas genannt; das mittelste, welches die Strahlen noch mehr zusammen zu halten dient, heißt Collektivglas.

Gesetzt, CD, EF und GH, Fig. 1. Taf. IX., wären diese drei in der Röhre des Mikroskops befindliche Gläser, deren Mitte genau in einer und derselben geraden Linie, der Axe des Rohrs, liegt. Gesetzt ferner, CD wäre das Objektivglas, EF das Collektivglas und GH das Okularglas. Richtet man dann das Objektivglas so nahe an den Gegenstand AB, daß dieser dem Auge deutlich wird, so ergiebt sich die Wirkung des Instruments durch den Weg der Strahlen in den Gläsern auf folgende Weise.

Wenn blos das Objektivglas CD da wäre, so würden die durch dasselbe gebrochenen Strahlen, nach dem Auge zu, das Bild αβ machen. Aber die Strahlen fahren noch weiter, erst in das Glas EF und dann in das

Okularglas G H, durch welche Gläser sie, nach der Brechung, so zusammengelenkt werden, daß sie (wenn man als Beispiel nur wieder ein Paar annimmt) in der Richtung ik, lm, pn, oq aus dem Okularglase heraus und ins Auge kommen. Denkt man sich diese Strahlen verlängert, so schneiden sie sich in den Punkten b und a; folglich ist ab ein vergrößertes, aber umgekehrtes Bild von dem Gegenstande A B. — Leicht kann man zeigen, daß das Bild desto größer ausfällt, je kleiner und gewölbter das Objektivglas C D ist, folglich eine je kleinere Brennweite es hat.

Auch die Gläser der Mikroskope werden in solche Röhren eingefaßt, welche inwendig geschwärzt sind, um die unnöthigen Strahlen einzuschlucken. Die Röhre mit den Gläsern läßt sich in einer andern, mit einem Gestelle verbundenen Röhre so auf- und nieder bewegen, daß man das Okularglas in die richtige Entfernung von dem Gegenstande bringen kann. Um im Stande zu seyn, es nur sehr wenig (nur

um eine Haardicke und noch weniger) auf und nieder zu bewegen, so ist die bewegliche Röhre oft mit einer gezahnten Stange und einem zarten Räderwerk, auch wohl mit einer Schraube ohne Ende verbunden. Alsdann bewegt man sie durch eine mit der Hand getriebene kleine Kurbel.

Unter dem Objektivglase ist fast immer ein kleiner Hohlspiegel, aber von ziemlich großer Brennweite befindlich, dem man mittelst eines Scharniers eine beliebige Neigung geben kann. Man fängt mit ihm Lichtstrahlen auf, die er so auf das Objekt werfen muß, daß dies möglichst hell werde. Man bewegt den Spiegel so lange hin und her, oder auf und nieder, bis die Erleuchtung des Objekts die möglichst beste ist.

Das zu beobachtende Objekt (irgend ein kleiner Gegenstand, z. B. von kleinen Thierchen, Pflänzchen, Steinchen u. dgl.) wird gewöhnlich auf ein abgeschliffenes Stück Glas oder zwischen ein Paar durchsichtige Glimmer-

blättchen gelegt, die, mit einer Einfassung versehen, sogenannte Schieber bilden. Manche Objekte spannt man auch zwischen kleine Federzängelchen (Pincetten), z. B. lebendige Insekten; manche klebt man auch wohl auf eine schwarze oder auf eine weiße Scheibe, z. B. kleine Mineralien von heller und von dunkler Farbe. Zängelchen und Scheibe befinden sich an einem cylindrischen Stiele, der sich in dem Gestelle zwischen einer Hülse so verschieben, auch hin und her drehen läßt, daß man das Objekt unter die Axe des Rohrs bringen kann. Flüssigkeiten, worin man etwas beobachten will (z. B. Infusionsthierchen) thut man oft in dünne gläserne Röhrchen, die man dann unter die Röhre des Instruments legt.

Zu jedem guten Mikroskope gehören mehrere Objektivgläser (mikroskopische Linsen) von stärkern und schwächern Vergrößerungen. Jede sitzt in einer eignen Einfassung, welche sich unter das bewegliche Rohr

des Instruments schrauben läßt. Diejenige vergrößert am meisten, welche die kürzeste Brennweite hat. Diese muß man, durch Auf- und Niederschieben der Röhre, am nächsten an den Gegenstand bringen. Linsen von so kleiner Brennweite kann man nicht mehr schleifen; man muß sie durch Schmelzen an der Lampe bilden.

Robert Baker verfertigte zuerst ein reflectirendes Mikroskop, d. h. ein solches, welches, statt des Objektivglases, einen Hohlspiegel hat, der mit seiner hohlen Fläche gegen das Auge gekehrt ist. Hierdurch wollte er die Abweichung wegen der Farben vermeiden. Smith verbesserte diese Spiegelmikroskope. Sie sind aber in keinen allgemeinen Gebrauch gekommen.

Von Sonnen- und Lampenmikroskopen, deren Einrichtung sich auf die Zauberlaterne gründet, wird im neunzehnten Kapitel die Rede seyn.

Der Erfinder des zusammengesetzten Mi-

kroskops war ohne Zweifel der geschickte Brillenmacher Zacharias Jansen zu Middelburg am Ende des sechszehnten Jahrhunderts, derselbe, welcher wahrscheinlich auch die Fernröhre erfand. Das erste Jansensche Mikroskop besaß der Erzherzog Albrecht von Oesterreich. Im Jahr 1621 wurden sie in Deutschland erst mehr bekannt. Durch die Erfindung, kleine mikroskopische Linsen durch Schmelzung an der Lampe zu bilden, welche wir dem Erfinder des Barometers, Torricelli, verdanken, und welche in der Folge vornehmlich durch den Niederländer Hartsoeker und die Engländer Hook, Butterfield und Adams noch verbessert wurde, kamen die Mikroskope auf einen viel höhern Grad von Vollkommenheit. Im Jahre 1702 verbesserte vorzüglich der Engländer Wilson den Mechanismus der Mikroskope. Mechaniker der neuesten Zeit haben noch mehr hierin gethan.

Fünfzehntes Kapitel.

Die Haupt-Eigenschaften guter Fernröhre und Mikroskope.

Wenn sowohl ein Fernrohr, als auch ein Mikroskop brauchbar seyn soll, so müssen die Gläser aus einer sehr reinen weißen Glasmasse (schönem Crystallglase), das weder trübe dunkle Stellen, noch Blasen hat, verfertigt seyn. Die Axen aller Gläser eines Fernrohrs und Mikroskops müssen in eine und dieselbe gerade Linie fallen. Auch müssen ihre Brennweiten genau bestimmt seyn. Zwischen die Gläser müssen überall, wo die Strahlen sich kreuzen, Diaphragmen angebracht werden, d. h. undurchsichtige Platten mit kreisförmigen Oeffnungen, um die Randstrahlen, welche nur Undeutlichkeiten bewirken würden, abzuhalten. Die inwendigen Flächen der Röhren aber müs-

sen, aus schon bekannten Ursachen, überall geschwärzt seyn. Die Eigenschaft der Farbenlosigkeit durch die Dollondsche Einrichtung ist schon im eilften Kapitel gehörig auseinander gesetzt. Bei Spiegelteleskopen kommt noch das hinzu, daß die Spiegel genau sphärisch, oder, noch besser, parabolisch geschliffen seyn müssen.

Das Verschieben der Röhren ist zur gehörigen Stellung der Gläser in Beziehung auf die Entfernung des Gegenstandes, sowie auch in Hinsicht auf die Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit des Auges nothwendig. Dieses Verschieben muß, mit oder ohne besondern Mechanismus, bequem und genau geschehen können. Der Mechanismus besteht gewöhnlich in Stellschrauben, die mit Schrauben ohne Ende oder mit gezahnter Stange und Getriebe verbunden sind.

Gestelle oder Stative sind nöthig, um den Instrumenten leicht eine Lage zu geben, wie sie für jeden einzelnen Fall nöthig ist und

um sie auch in dieser Lage unverrückt zu erhalten. Besonders muß man mit ihnen auch leicht kleine Veränderungen in der Lage vornehmen können. Die Stative bestehen meistens aus drei starken, oben mit Scharnieren versehenen aufrechten Füßen. Oben in diesem Gestelle ruht eine runde Säule, welche leicht und sanft gedreht, auch durch eine Stellschraube festgestellt werden kann. Oben hat die Säule ein starkes vertieftes Gewinde, gleichfalls mit einer Stellschraube, und an diesem Gewinde befindet sich diejenige Hülse oder Rinne, worin der Tubus liegt. Durch Bänder oder auf eine andere Art ist er darin befestigt. Vermöge dieser Einrichtung läßt sich die Rinne, sammt dem darin liegenden Fernrohre, nach allen Gegenden, seitwärts, aufwärts und niederwärts hinwenden und in der ihm gegebenen Lage fest und unverrückt erhalten. Besteht das obere Scharnier, welches die Hülse trägt, aus großen kreisförmigen Scheiben, so kann dadurch die Bewegung und der Stand des Fernrohrs noch

sicherer gemacht werden, so sicher, wie man dies durch die sogenannte Nuß nie zu bewirken im Stande ist.

Ganz große Gestelle zu den allergrößten Fernröhren, z. B. zu den großen Herschelschen Teleskopen, haben unter ihrer Basis gewöhnlich leicht bewegliche Rollen, womit man sie bequem von einer Stelle zur andern hinführen kann.

Will man die Instrumente gut conserviren, so muß man sie vor Staub auf das Beste verwahren, damit weder Gläser, noch Spiegel Ritzchen bekommen. Daher muß man sie an beiden Enden (am Objektiv- und Okular-Ende) nach dem Gebrauch stets sorgfältig mit Kapseln verschließen. Putzt man die Gläser, so muß dies mit der feinsten und reinsten Leinwand geschehen. Das Putzen der Metallspiegel sollte immer nur ein geschickter Mechanikus verrichten.

Sechszehntes Kapitel.

Die Mikrometer an Mikroskopen und Fernröhren.

Sowohl Mikroskope, als Fernröhre versieht man oft mit gewissen Einrichtungen, welche den Namen Mikrometer führen. An Mikroskopen dienen diese Mikrometer, um die Stärke der Vergrößerung anzugeben, auch wohl, um die Größe des kleinen Objekts selbst zu finden. An Fernröhren aber sucht man dadurch den scheinbaren Durchmesser des beobachteten Gegenstandes zu bestimmen.

Es giebt mehrere Arten von Mikrometern. So besteht z. B. ein solches, welches man sowohl bei Mikroskopen, als auch bei Fernröhren anwenden kann, aus einem Gitter von sehr feinen Linien, welche mit Diamant auf ein ebenes Glas geschnitten sind. Ein solches

Mikrometer kann man auf folgende Art an einem Mikroskope anwenden.

Das hinter dem Okularglase befindliche Diaphragma muß genau an der Stelle seyn, wo das durch das Objektivglas hervorgebrachte Bild hinfallen soll. Dies ist nun wirklich der Fall, wenn die Gränzen dieses Diaphragma, durch das Okularglas betrachtet, deutlich erscheinen. Man bringt dann das Mikrometer auf dem Träger der zu betrachtenden Gegenstände an das Objektivglas, und nähert ihm das Mikroskop so lange, bis das Bild der Parallellinien oder Gitterfelder deutlich erscheint. So ist das Bild an der Stelle des Diaphragma.

Jetzt zählt man, wie viele Parallellinien oder Felder in der Oeffnung des Diaphragma zu sehen sind. So viele Mal nun der Durchmesser des gesehenen Theils des Mikrometers in dem Durchmesser der Oeffnung des Diaphragma enthalten ist, eben so vielmalig ist

die durch das Objektivglas hervorgebrachte Vergrößerung.

Nun wird aber dasselbe Bild durch das Okularglas vergrößert, und zwar so viele Mal, als die Brennweite dieses Glases in der zum Deutlichsehen nöthigen Entfernung eines Objekts vom Auge enthalten ist. Wenn z. B. diese Vergrößerung = 5 wäre, diejenige durch das Objektivglas hervorgebrachte = 20; so wäre die Totalvergrößerung = 5 mal 20 = 100.

Hat man die Stärke der Vergrößerung des Mikroskops in Erfahrung gebracht, so läßt sich daraus auch leicht die wahre Größe eines kleinen Objekts finden. In dieser Absicht bringt man das Mikrometer an diejenige Stelle, wo das Bild hinfällt, welches das Objektivglas hervorgebracht hat, nämlich an das Diaphragma. Nun zählt man die Parallellinien oder Felder, welche man daran durch das Okularglas übersieht. Das kleine Objekt, dessen Größe man wissen will, bringt man dann vor das Objektivglas, sieht in das

Mi-

Mikroskop, und merkt sich, wie viele Felder am Mikrometer der Durchmesser des nun erscheinenden Bildes von dem Objekte einnimmt. Dividirt man hierauf die Zahl der von des Bildes Durchmesser bemerkten Abtheilungen am Mikrometer durch diejenige Zahl, welche die Vergrößerung des Objektivglases ausdrückt, so zeigt der Quotient die Größe des Durchmessers von dem Objekte an.

Ginge das Bild z. B. durch 40 Abtheilungen des Mikrometers und würde der Durchmesser des Bildes durch das Objektivglas 20 mal vergrößert, so wäre der wahre Durchmesser des Gegenstandes $\frac{40}{20} = 2$ solcher Abtheilungen des Mikrometers. Leicht kann man diese auf Linien, Zolle ꝛc. reduciren.

Will man die Vergrößerungen eines Gegenstandes angeben, so kann man darunter entweder den Durchmesser oder die gesehene Oberfläche verstehen. Von der Vergrößerung des körperlichen Inhalts spricht man selten. Wenn übrigens der Durchmesser eines (regulären)

Körpers 10 mal vergrößert ist, so ist die Vergrößerung der Oberfläche 100 fach, des körperlichen Inhalts 1000 fach.

Bei Fernröhren bringt man das Mikrometer an derjenigen Stelle an, wo das vom Objektivglase verursachte Bild des Gegenstandes hinfällt. Um aber darnach den scheinbaren Durchmesser des gesehenen Gegenstandes (z. B. eines Himmelskörpers) zu bestimmen, so muß man erst wissen, wie viel Raum (nach Graden) jedes zwischen zwei Parallellinien liegende Feld einnimmt. Ist dies bekannt geworden, so muß man durch Beobachtung in Erfahrung bringen, durch wie viele Parallellinien der Durchmesser eines gesehenen Gegenstandes reiche. Alsdann weiß man auch den scheinbaren Durchmesser dieses Gegenstandes in Graden.

Unter den vielen andern Arten von Mikrometern, welche es noch giebt, z. B. dem Fadenmikrometer, Schraubenmikrometer ꝛc., will ich nur noch des sehr scharf-

sinnig ausgedachten und nutzbaren Mikrometers gedenken, welches vor wenigen Jahren Rochon erfand.

Es ist dies ein Mikrometer mit Doppelbildern, welches aus zwei gleichen Prismen von Bergcrystall oder Doppelspath besteht, die so an einander gefügt sind, daß die brechenden Winkel entgegengesetzte Lagen haben. Fig. 2. Taf. IX. soll diese Einrichtung näher erläutern helfen.

Das eine Prisma a a′b ist so geschnitten, daß die Fläche a b auf der Brechungsaxe (Axe der Crystallisation) senkrecht steht; das andere Prisma a′b b′ aber so, daß die Brechungsaxe in der gemeinschaftlichen Durchschnittslinie der Flächen a b und a b′ sich befindet. Dieses Doppelprisma lenkt nun durch die gewöhnliche Brechung die senkrecht darauf fallenden Strahlen nicht von ihrem Wege ab. Auch erleidet ein solcher Strahl l i in dem ersten Prisma keine ungewöhnliche Brechung (folglich keine Spaltung). In dem

zweiten Prisma aber wird er auch auf ungewöhnliche Art gebrochen, nämlich in zwei Strahlen ig und iu gespalten. Ein Auge in o erhält nur den einen dieser Strahlen. Es erhält aber auch einen andern auf ungewöhnliche Art gebrochenen Strahl, der aus demselben bedeutend entfernten Punkte, folglich parallel mit dem Strahle li, auf den Crystall gefallen ist. Er kommt in der Richtung u′o parallel mit ut in das Auge. Dieses sieht nun zwei Bilder desselben Punktes; und so auch alle Punkte desselben Objekts.

Die Bilder sind von einander mehr oder weniger entfernt, je nachdem das Doppelprisma mehr oder weniger genähert wird. Bei einer gewissen Entfernung berühren sich die Ränder beider Bilder eines Objekts.

Seine Stelle erhält dieses Doppelprisma in der Röhre eines Fernrohrs hinter dem Okularglase. Es läßt sich diesem Glase, folglich auch dem Auge, mehr oder weniger nahe bringen. Man bewegt es so lange, bis beide Bil-

der einander mit den Rändern berühren. An der Röhre des Teleskops ist eine Skale angebracht, welche die Grade des Sehewinkels zeigt, unter welchem der gesehene Körper erscheint. Ist nun auf anderm Wege seine wahre Größe auch bekannt geworden, so läßt sich hieraus seine Entfernung finden. Ist aber seine scheinbare Größe und seine Entfernung bekannt, so findet man daraus leicht seine wahre Größe (mittelst einfacher trigonometrischer Rechnung).

Siebenzehntes Kapitel.

Die Zauberlaterne.

Die Zauberlaterne (Laterna Magica), in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts von dem berühmten Pater Kircher erfunden, besteht aus einem blechenen laternenförmigen Kasten, vorn mit einer Röhre, worin zwei erhabene Gläser sich befinden. Die Röhre ist doppelt; eine mit einem Glase läßt sich in der andern, die das andere Glas enthält, verschieben. Die lebhafte Flamme einer Lampe in der Laterne wirft ihr Licht auf einen kleinen Hohlspiegel, in dessen Brennpunkte die Flamme sich befindet (auch wohl auf ein stark convexes Glas), und durch die von dem Hohlspiegel zurückgeworfenen (oder durch die von dem convexen Glase gebrochenen) Strahlen werden die Objekte erleuchtet, welche mit durch-

scheinenden Farben auf eine Glastafel gemalt sind, damit sich die Bilder davon mit eben diesen Farben an einer weißen Wand oder auf einer andern weißen Fläche recht deutlich präsentiren können, vorausgesetzt, daß man das Zimmer vorher verdunkelt hatte.

Wäre a b, Fig. 6. Taf. VIII., ein auf Glas gemaltes Objekt in der Laterne, C der Hohlspiegel, D die in dem Hohlspiegel stehende Lichtflamme, wären A und B aber die beiden convexen Gläser, so werden Strahlen, welche von dem Gegenstande a b durch die Gläser A und B dringen, von denselben so gebrochen, daß sie sich hinter dem Glase B zu einem Bilde $\alpha\beta$ vereinigen, welches vergrößert, aber umgekehrt ist. Da man die Laterne, mittelst eines Handgriffes, vor einer weißen Fläche hin und her bewegen kann, so läßt es sich leicht bewirken, daß das Bild genau auf die Fläche fällt.

Damit das Objekt aufrecht an der weißen Fläche erscheine, so muß es umgekehrt

in die Laterne eingeschoben werden. Gewöhnlich ist das Glas, worauf die Objekte gemalt sind, mit hölzernen Rahmen eingefaßt und die Laterne so eingerichtet, daß man diese eingefaßten Gläser leicht an ihrem Platze, zwischen der Lichtflamme D und dem ersten Glase A, bequem hin und her schieben kann.

Wenn man die Laterne so vor die weiße Fläche hält, daß letztere vor $\alpha \beta$ (vor den Bildpunkten) sich befindet, so wird das Bild kleiner und kann sich nicht recht deutlich präsentiren, weil es dann die Fläche nicht in den Vereinigungspunkten α und β, sondern früher trifft. Entfernt man die Laterne so weit von der Fläche, daß letztere hinter $\alpha \beta$ kommt, so wird das Bild größer. Es zeigt sich dann ebenfalls nicht recht deutlich, weil es die Fläche wieder nicht in den Vereinigungspunkten α und β, sondern später trifft, als die vereinigten Strahlen schon aus einander gefahren waren. — Leicht kann man dies an Fig. 6. sehen, wenn man sich die Strahlen über α und β hinaus verlängert gedenkt.

Achtzehntes Kapitel.

Die Geister-Erscheinungen mittelst der Zauberlaterne.

Läßt man die Bilder der Zauberlaterne nicht auf eine Wand oder auf eine andere undurchsichtige weiße Fläche, sondern auf einen durchscheinenden Vorhang (von Mousselin, Linon ꝛc.) fallen, hinter welchem Zuschauer sich befinden, so erhält man diejenige Art von Geistererscheinungen, welche Fantasmagorie genannt wird.

Die Objekte, welche Geister vorstellen, sind hier gewöhnlich auf Glas radirt, und zwar auf einen schwarzen Lack, womit die eine Seite des Glases überzogen ist. Deswegen müssen sich die Bilder auf dem Vorhange weiß präsentiren. Weil nun der Vorhang durchscheinend ist, so zeigen sich die Bilder auf beiden Seiten desselben.

Bei der gewöhnlichen Zauberlaterne steckt man die Gläser mit den Objekten von der Seite (horizontal) hinein. Bei der Zauberlaterne zu Geistererscheinungen aber steckt man sie von oben oder von unten (vertikal) hinein. Dadurch kann man es bewirken, daß die Geister aus der Erde hervorsteigen, oder aus der Luft herabschweben.

Die Zauberlaterne wird auf einem kleinen Wagen angebracht, dessen Räder, um alles Geräusch zu vermeiden, an ihrem Umfange mit Tuch überzogen sind. So läßt sich der Apparat dem Vorhange still nähern, oder davon entfernen. Eine kleine Kurbel dient, um in jeder Entfernung die gehörige Stellung der Linse ebenfalls allmälig zu bewirken.

Wenn nun auf der einen Seite des Vorhangs von den beiden verdunkelten Räumen, die der Vorhang von einander absonderte, die Zuschauer, auf der andern eine Person sich befindet, welche den Apparat leitet, so werden die Zuschauer folgende Erscheinung wahrnehmen.

Wird die Zauberlaterne dem Vorhang nahe gebracht, so sind die Bilder auf dem Vorhange (von dessen Daseyn die Zuschauer nichts wissen dürfen) klein. Wird die Laterne allmälig von dem Vorhange entfernt, so werden die Bilder eben so allmälig größer. Die Zuschauer aber bilden sich ein, an dem Größerwerden sey das Näherkommen schuld. Sind z. B. die Bilder von Menschen so groß geworden, wie ein erwachsener Mensch, auch wohl noch größer, dann glauben die Zuschauer, die Geister seyen ihnen ganz nahe auf den Hals gerückt; und nicht selten verbreitet dies Schrecken unter ihnen. Sie scheinen sich wieder zu entfernen, wenn die Laterne dem Vorhange genähert wird, weil dann die Größe des Bildes wieder immer mehr und mehr abnimmt. Man kann sie bis zu einem kleinen leuchtenden Punkte abnehmen lassen, wenn sie nicht in die Erde sinken oder in die Höhe steigen sollen.

Die Objekte können auch bewegliche Theile, z. B. bewegliche Augen, Arme u. dgl. enthalten,

die dann freilich auf den Glasschiebern besondere Einrichtungen zum Ziehen, Drücken rc. nothwendig machen.

In Beziehung auf vollkommene Täuschung hat diese Geistererscheinung freilich noch den Fehler, daß das größer werdende Objekt (welches sich zu nähern scheint) statt stärker beleuchtet zu erscheinen, immer eine schwächere Beleuchtung zeigt, je größer es wird. Und was die Bewegung der einzelnen Figuren-Theile betrifft, so kann sie der Natur nie so vollkommen getreu ausfallen, als es bei den Geistererscheinungen mittelst großer Hohlspiegel (S. 65 f.) der Fall ist, wo von lebendigen Menschen Bilder wirklich in die Luft geworfen werden. Solche kostspielige Apparate findet man aber selten, namentlich bei herumreisenden Künstlern.

Neunzehntes Kapitel.

Das Sonnen- und Lampen-Mikroskop.

Das Sonnenmikroskop, eigentlich eine sehr verbesserte Zauberlaterne, ist eine Vorrichtung, mittelst welcher das durch Sonnenstrahlen erleuchtete Bild eines kleinen Gegenstandes sehr vergrößert, oft ungeheuer vergrößert, auf die weiße Wand eines finstern Zimmers geworfen wird, um da betrachtet zu werden. Auf diese Art ist man im Stande, die Vergrößerung des abgebildeten Gegenstandes, etwa eines ganz kleinen Naturkörpers, so weit zu treiben, daß es die Vorstellung desjenigen übersteigt, welcher nie so etwas gesehen hat. So können dadurch z. B. Gelenke von Fliegenbeinen, Schmetterlingsstaub, Käsemilben u. dgl. so sehr vergrößert werden, daß das Bild an der Wand eine Höhe von 9 und mehr Ellen erhält. Man hat hierbei

noch den Vortheil, daß das ungeheure Bild in einer bequemen Entfernung von mehreren Personen zugleich betrachtet werden kann, während bei den gewöhnlichen Mikroskopen das Auge keine gar bequeme Lage vor dem Okularglase hat. Begreiflich lassen sich die abgebildeten Gegenstände an der Wand auch leicht abzeichnen.

Die Hauptheile eines Sonnenmikroskops sind: ein ebener Spiegel, ein Collektivglas und eine eigne kleine Glaslinse, welche mit dem Collektivglase in einer und derselben Röhre sich befindet. Fig. 3. Taf. IX. wird Alles näher erläutern.

Der Planspiegel f p wird außerhalb des geschlossenen Fensterladens so befestigt, daß er mittelst einer zweckmäßigen Vorrichtung unter einem beliebigen Winkel geneigt und zugleich nach einer beliebigen Gegend hingewendet werden kann. Er dient, die Sonnenstrahlen aufzufangen und sie dem Collektivglase c g zuzusenden. Das Collektivglas vereinigt diese Strahlen in seinem Brennpunkte. Hier befindet sich das klei-

ne durchscheinende Objekt. Es wird demnach sehr stark erleuchtet. Das Licht von jedem Punkte des Objekts fällt nun auf die Glaslinse l, welche von dem Objekte etwas mehr, als um die Brennweite absteht. Die Linse l macht daher ein sehr vergrößertes, aber verkehrtes Bild, welches die weiße Wand auffängt.

Leicht ist es einzusehen, daß die Deutlichkeit des Bildes auf der gehörigen Entfernung beruht, welche das Objekt und die auffangende weiße Wand von der Linse l hat. Man kann auch statt der weißen Wand eine weiße Tafel annehmen. Je weiter das Objekt von dieser Linse absteht, desto näher muß die Tafel an die Linse gebracht werden, wenn die gehörige Deutlichkeit statt finden soll. Je näher aber das Objekt an der Linse ist, desto mehr muß man die Tafel von der Linse entfernen.

Balthasoris zu Erlangen soll das erste Sonnenmikroskop verfertigt haben. Doch findet man schon 30 Jahre früher Spuren von diesem Instrumente. Das eigentliche Sonnen-

mikroskop von der beschriebenen Gestalt aber verdanken wir dem Doctor Lieberkühn im Jahr 1738 oder 1739. Der Engländer Cuff verfertigte bald nachher sehr viele solche Sonnenmikroskope, deren Einrichtung er von Lieberkühn kennen gelernt hatte. Durch ein solches Instrument sah unter andern schon der Engländer Baker die Adern in dem Gekröse eines Frosches bis auf 2 Zoll im Durchmesser vergrößert und die darin fortrollenden Blutkügelchen so groß, als Pfefferkörner.

Zu dem gewöhnlichen Sonnenmikroskop kann man blos durchsichtige Objekte gebrauchen und von diesen wird nicht blos die Oberfläche, sondern auch das Innere mit, auf der weißen Fläche dargestellt. Aber schon Lieberkühn machte auch Sonnenmikroskope für undurchsichtige Gegenstände. Bei dieser Art Mikroskope muß ein eignes Erleuchtungsglas die Sonnenstrahlen auf einen besondern Spiegel werfen, von welchem sie auf den Gegenstand so reflectirt werden, daß sie die Vorderseite desselben auf das

Helleste erleuchten. Von dieser Vorderseite fallen sie auf diejenige Linse, welche das Bild jener Vorderseite des Objekts macht. Aepinus verbesserte diese Art Sonnenmikroskope.

An manchen Sonnenmikroskopen ist auch ein Räderwerk angebracht, vermöge welchem man den Erleuchtungsspiegel sehr leicht und bequem in diejenige Lage bewegen kann, wo er die Sonnenstrahlen am besten auffängt und am vollständigsten auf das Objekt wirft. Euler, Zeiher und Martini gaben sich insonderheit viele Mühe, manche Theile des Sonnenmikroskops noch zu vervollkommnen.

Es giebt auch Lampenmikroskope, welche, den Zauberlaternen noch ähnlicher, als die Sonnenmikroskope, keiner Sonnenstrahlen zur Beleuchtung der Objekte, sondern nur eines lebhaften Flammenlichts (der Flamme einer guten Argandischen Lampe) bedürfen. Der Engländer Adams hat diese Mikroskope in vorzüglicher Vollkommenheit geliefert.

Die Lampenflamme befindet sich im Brenn-

punkte eines convexen Glases, folglich werden die aus diesem Glase herauskommenden gebrochenen Strahlen parallel. Sie fallen in dieser Lage auf einen Hohlspiegel, der so geneigt ist, daß die von ihm reflectirten Strahlen auf dem Objekte vereinigt werden. Von jedem Punkte des stark erleuchteten Objekts kommen die Strahlen etwas divergirend auf eine kleine Linse, welche um ihre Brennweite von dem Objekte entfernt ist. Die aus dieser Linse herausgefahrenen Strahlen werden von zwei ganz nahe an einander befindlichen großen Sammlungsgläsern, die eine Brennweite von 15 bis 16 Zoll haben, aufgefangen. Beide wirken vereint als ein Glas und machen hinter sich ein deutliches Bild von dem Objekte.

Zwanzigstes Kapitel.

Die dunkle Kammer.

Die dunkle Kammer (Camera obscura), in der Mitte des sechszehnten Jahrhundert von Johann Baptist Porta erfunden, besteht aus einem dunkeln Kasten, der vorn in einer Röhre ein convexes Glas enthält. Wenn man dieses Glas nach gewissen Gegenden hin richtet, so kommen Strahlen davon in das Glas. In diesem werden sie gebrochen. Aber gebrochen fallen sie in den Kasten und machen darin ein Bild von den Gegenständen. Gewöhnlich läßt man die gebrochenen Strahlen erst von einem Planspiegel auffangen, welcher unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Boden des Kastens geneigt ist. Dieser wirft die Strahlen bei ihrem Vereinigungspunkte auf ein in dem Ka-

sten liegendes weißes Papier. Man sieht dann das verkehrte und verkleinerte Bild auf dem Papiere.

So kann man mittelst der dunkeln Kammer Bilder von ganzen Landschaften auf ein weißes Papier bekommen und sie dann sehr bequem abzeichnen. Die Bilder haben zum Theil Leben, wenn das Instrument nach Straßen oder nach andern belebten Gegenden hin gerichtet ist. Die kleinen Bilder von Menschen und Thieren gehen oder laufen, die Bilder von Vögeln fliegen, u. dgl. m.

Die blanke Fläche des gegen das Glas gerichteten Spiegels kann auch aufwärts gekehrt seyn. Er wirft dann die Strahlen auch aufwärts, statt niederwärts, und zwar auf ein matt geschliffenes Glas, worauf sich die Bilder präsentiren.

Nicht selten hat die dunkle Kammer auch folgende Einrichtung, wie Fig. 3. Taf. VIII. sie darstellt. Ein geneigter Planspiegel f fängt die von außerhalb befindlichen Gegenständen

herkommenden Strahlen auf, z. B. hi und lm, und wirft sie (indem der Zurückprallwinkel dem Einfallswinkel gleich ist) unten auf den Boden des dunkeln Kastens abcd, welcher mit einem weißen Papier belegt ist. Hier zeigt sich, bei nk, das Bild der Gegenstände, welches durch eine, mit einem Vorhange versehene, Oeffnung bei b, in die der Mensch seinen Kopf steckt, beobachtet und etwa auf das Papier abgezeichnet werden kann. Vorher aber läßt man die Strahlen erst durch eine convexe Linse g, am besten eine mondförmige Linse, dringen, um die Strahlen besser zusammenzuleiten und das Bild deutlicher zu machen. Hat man eine mondförmige Linse g gewählt, so muß die concave Seite derselben gegen das Objekt, die convexe gegen das Bild hingewendet seyn.

Man kann die Erscheinung der dunkeln Kammer noch viel einfacher auf folgende Art haben.

Wenn man in den Fensterladen eines wohl verfinsterten Zimmers eine kleine Oeffnung

macht, so präsentiren sich die Bilder der außer dem Zimmer befindlichen hinlänglich erleuchteten Gegenstände auf jeder Fläche, welche jener Oeffnung entgegengesetzt wird. Sie präsentiren sich auf der Fläche so, daß die Bilder der ruhenden Objekte auch ruhen, die Bilder der bewegenden Gegenstände sich ebenfalls bewegen. Aber alle haben eine umgekehrte Lage.

Denkt man sich nämlich einen Lichtstrahl von dem obersten Punkte eines außerhalb dem Zimmer befindlichen Gegenstandes geradlinicht durch das Löchelchen des Fensterladens dringend*), und eben so noch einen andern von dem untersten Punkte; so wird jener nach unten, dieser nach oben auf die Wand des Zimmers (oder auf eine andere hingehaltene Fläche) schießen, folglich wird der oberste Punkt des Gegenstandes unten, der unterste oben auf der Wand sich abbilden. Die

*) Man kann sich dies auch leicht durch eine einfache Zeichnung versinnlichen.

Lage der Punkte von den übrigen Strahlen zwischen dem obersten und untersten Punkte folgt in derselben Ordnung. Daher liegt das Bild des Gegenstandes verkehrt auf der Wand.

Nimmt man zum Auffangen des Bildes eine Tafel und hält man diese so, daß ihre Entfernung von dem Loche gleich ist der Entfernung desselben Loches von dem beleuchteten äussern Gegenstande, dessen Bild sich auf der Tafel zeigen soll; so hat dieses Bild einerlei Größe mit dem Gegenstande. Je mehr die Tafel dem Loche sich nähert, desto kleiner wird begreiflich das Bild; je mehr sie sich davon entfernt, desto größer wird es. Natürlich sind ja die Strahlen nahe am Loche enger vereinigt und fahren von da an in divergirenden Büscheln immer weiter aus einander, wie auch Jeder durch eine Zeichnung sich leicht wird deutlich machen können.

Je größer das Loch im Fensterladen ist, desto undeutlicher fällt das Bild an der weißen Fläche aus. Ist das Loch bedeutend groß, so

beleuchtet das von jedem einzelnen Punkte herkommende Licht eine bedeutend große Fläche. Alsdann empfängt ja jede Stelle der dem Loche gegenüber stehenden weißen Fläche Licht von unzähligen Punkten. Deswegen kann an der Fläche nur Helligkeit erscheinen; aber kein Bild mehr. Ein convexes Glas, in die Oeffnung gesetzt, würde jene Undeutlichkeit aufheben. Die divergirenden, von jedem Punkte des Objekts herbeikommenden Strahlen würden durch dieses Glas convergirend werden, eben deswegen in irgend einer Entfernung hinter dem Glase sich schneiden und an einer in dieser bestimmten Entfernung angebrachten weißen Wand oder Tafel ein deutliches Bild bewirken.

Ein und zwanzigstes Kapitel.

Die helle Kammer.

Der Engländer Wollaston erfand vor einigen Jahren einen eignen kleinen höchst einfachen Apparat zum Abzeichnen der Bilder wohl beleuchteter Gegenstände, der sich eigentlich auf die Zurückwerfung des Lichts von ebenen Spiegeln gründet, und dem er den Namen helle Kammer (Camera lucida) gab. Dieser Apparat wurde bald sehr nützlich gefunden und ist seit der Zeit sehr häufig gebraucht worden. Fig. 4. und Fig. 5. Taf. IX. werden die Wirkung desselben genau erläutern.

Ein kleines gläsernes Prisma, Fig. 4., ist so geschliffen, daß der Winkel d ein rechter ist, der Winkel bei a aber $67\frac{1}{2}$ Grad hat, der Winkel bei b 135 Grad. Ein jeder horizontaler Lichtstrahl h g geht ohne Brechung in

das Prisma, dessen Fläche d c gegen denselben gerichtet ist. Auf der Fläche b c wird dieser Strahl nach g f zurückgeworfen; von f aber wird er sogleich wieder nach f e reflectirt. Das Auge, welches in der Richtung f e sich befindet, empfängt diesen Strahl. — Bisweilen wird über e auch ein Linsenglas angebracht.

Liegt nun unter dem Prisma eine weiße Fläche, z. B. ein Blatt Papier, und hat das Auge seine Stellung ganz nahe an der Kante, so sieht es zuerst das Bild des Punktes d, und eben so die Bilder verschiedener um d herum befindlicher Gegenstände. Es sieht aber zugleich auch das unter dem Prisma liegende Papier und den Bleistift, welcher bestimmt ist, die erscheinenden Bilder der äußern Gegenstände auf das Papier zu zeichnen. Freilich gehört erst einige Uebung dazu, bis Alles mit der gehörigen Klarheit gesehen wird.

Ein kleines Gestelle ab, Fig. 5., enthält eine messingene Stange bc von etwa 6 Zoll Länge. Diese Stange ist etwas geneigt, da-

mit das Papier unter dem Prisma den gehörigen Raum habe. Das Prisma ist oben bei c an einer horizontalen Axe so angebracht, daß es sich um dieselbe drehen läßt. Es ist ohngefähr 1 Zoll lang und ½ Zoll breit. Da man eigentlich nur ein kleines Theilchen des Prisma nöthig hat, so ist über demselben eine bewegliche Platte mit einer kleinen Oeffnung angebracht, die man so darüber legt, daß das Loch zum Theil von dem Prisma bedeckt ist, zum Theil aber eine freie Durchsicht gewährt.

Folgende Versuche führten den Wollaston auf die Erfindung jenes interessanten Instruments.

Wenn er auf seinem Tische ein Blatt Papier von oben nach unten ansah, und während dieses Anschauens zwischen das Auge und das Papier ein flaches Glas unter einem Winkel von 45 Graden legte, so erblickte er durch die Reflection in dem Glase die vor ihm befindlichen Gegenstände, und zwar in derselben Richtung, unter welcher er durch dasselbe Glas das

Papier sah, auf welches die Bilder der Gegenstände sich hinwarfen. Mit einem Bleistift konnte er nun den Umriß der Bilder auf das Papier zeichnen, aber verkehrt, wegen der einfachen Reflection.

Wollaston wußte wohl, daß er aufrechte Bilder erhielt, wenn er eine zweite Reflection zuwege brachte. Dies geschah, wenn er das durchsichtige Glas nur um die Hälfte von 45 Graden, nämlich um $22\frac{1}{2}$ Grade nach dem vertikalen Gesichtsstrahle hin neigte und unter dieses Glas einen Spiegel legte, der denselben Winkel mit dem Horizonte machte. Hierdurch wurden die von dem Gegenstande horizontal herkommenden Strahlen von dem Spiegel auf das durchsichtige Glas und von diesem wieder auf das Auge des Beobachters geworfen. Letzterer erblickte dann die Bilder aufrecht und so auf dem Papiere, daß er mit Genauigkeit alle Umrisse nachzeichnen konnte.

So hatte Wollaston freilich schon eine Art heller Kammer; aber es war die noch

nicht, welche aus dem oben beschriebenen Prisma besteht. Auf diese wurde er bald nachher geführt.

Soll das Licht von unten, vermöge des Prisma's, zum Auge gelangen, so muß letzteres eine solche Lage haben, daß blos ein Theil der Pupille den Rand des Prisma's trifft. Alsdann sieht das Auge die entfernten Gegenstände mittelst der innern doppelten prismatischen Reflection, während die Strahlen, welche vom Papier und vom Bleistift herkommen, gerade zu in denjenigen Theil der Pupille dringen, welcher über dem Rande des Prisma's hervorragt.

Je nachdem nun der Rand des Prisma's den Ring der Pupille mehr oder weniger vorwärts aufnimmt, um desto verschiedener fällt die verhältnißmäßige Kraft der beiden Eindrücke aus, welche zugleich von der geraden Vision und der doppelten Reflection entstehen. Sieht man zu weit nach vorn zu in das Prisma, so erblickt man blos diejenigen Gegen-

stände, welche es zurückwirft. Aber Papier und Bleistift verschwinden. Sieht man zu weit hinten hinein, so nimmt man blos das Papier wahr; aber die Bilder der äußern Objekte verschwinden.

Indessen giebt es eine solche mittlere Lage (welche man durch Uebung bald in Erfahrung bringt), worin man mit gleicher und hinreichender Klarheit beide Arten von Gegenständen, die entfernten Objekte und das Papier, erblickt. Diese Lage des Auges sucht man eben mittelst eines kleinen, in einem beweglichen messingenen Bleche befindlichen Lochs; und dann fixirt man sie leicht. Schiebt man dieses Blech mehr vorwärts oder rückwärts, so findet man nach einigen Versuchen bald den passendsten Punkt für die doppelte Vision.

Man legt das Auge sehr nahe an jene Oeffnung. Mittelst des Gestelles aber kann man den Apparat in beliebiger Höhe, welche man ihm leicht zu geben vermag, bequem auf den Tisch setzen.

Weil man im Stande ist, das Instrument sehr nahe an die Augen zu bringen, so kann man das Volumen des Apparats sehr verkleinern, ohne daß dadurch die Wirkung verringert wird.

Nicht blos Gegenstände der Natur, sondern auch schon fertige Zeichnungen kann man mit diesem Instrumente kopiren. Bringt man Zeichnungen in dieselbe Entfernung vor das Instrument, als die Entfernung des unterliegenden Papiers beträgt, so fallen die Kopien von gleicher Größe aus. Je weiter das Original absteht, desto kleiner wird die Kopie.

Will man eine Landschaft durch das Instrument abzeichnen, so befestigt man es auf einen Tisch oder auf eine andere feste Platte, worauf man einen Bogen Papier ausgebreitet hat. Oberhalb der Mitte dieses Papiers bringt man das Prisma an, dessen offene Seite sich dem zu kopirenden Gegenstande gerade gegenüber befinden muß. Die Bedeckung des schwarzen Blechs mit dem Löchelchen ist dann oben,

in einer horizontalen Fläche. Man bewegt dieses Blech so lange hin und her, bis der Rand des Prisma's dasselbe fast in gleiche Theile zu theilen scheint, wenn man durch das Löchelchen sieht.

Man hält das Auge ganz nahe an diese Oeffnung. Wenn man dann von vorn nach-unten auf das Papier sieht, so wird man auf demselben ein vollkommenes Bild der außerhalb befindlichen Gegenstände erblicken. Das Bild vergrößert oder verkleinert sich aber, je nachdem man das Prisma in eine größere oder geringere Entfernung von dem Papiere hält. Man zieht dann die Bedeckung etwas auf die Seite des Beobachters, und zwar so lange, bis man nur sehr schwach, aber deutlich, nicht blos die Bilder, sondern auch den Bleistift sieht, mit dessen Spitze man die Umrisse der Bilder abzeichnen will.

Bleibt der Apparat stets fest auf seiner Stelle, so bemerkt man leicht Folgendes. Wenn das Auge weiter von der Seite des

Pris-

Prisma's vorwärts gehalten wird, so wirft sich auch das Bild weiter vorwärts auf die zeichnende Person. Zieht man das Auge weiter rückwärts, so erhält man eine Verlängerung des Bildes in der entgegengesetzten Richtung. Auf diese Art muß man das auf das Papier reflectirte und deutlich sich zeigende Bild allmälig unter einem Winkel von 45 Graden in der Höhe und Tiefe auffangen. Richtet man das Auge auch zur Rechten und zur Linken schief hin, so bekommt man ein horizontales Feld von ohngefähr 80 Graden, eine Ausdehnung, die in allen Fällen hinreichend genug ist.

Jetzt nimmt man Bleistift oder Reißfeder zur Hand, um die Conturen der auf dem Papiere liegenden Bilder abzuzeichnen. Verhindert das allzu lebhafte Licht, daß man den Zeichnenstift gehörig sieht, so braucht man nur, zur Entfernung dieses Fehlers, das Auge etwas mehr gegen sich hin zu richten; im Gegentheil aber etwas gegen sich ab, wenn

das Objekt allzu schwach und der Zeichnenstift allzu sichtbar ist. Im Allgemeinen muß, wie auch schon weiter oben bemerkt ist, der Rand des Prisma's in der Linie des Bleistifts und des Bildes liegen. Nothwendig muß man hierbei den Kopf ganz leicht auf die entgegengesetzte Seite des Bleistifts neigen. Im Allgemeinen kann man ihm übrigens jede nur erforderliche Lage geben, damit der am Rande des Prisma's vorbeifahrende Gesichtsstrahl gerade auf die Spitze des Zeichnenstifts und auf denjenigen Theil der Umrisse des Bildes treffe, welchen man abzeichnen will.

Das Abzeichnen eines sehr nahen oder beträchtlich großen Gegenstandes kann so geschehen:

Folgt man dem Bilde auf dem obern Theile des Papiers, so erblickt man nur dasjenige ursprüngliche Bild, welches durch eine blos einfache Reflection wieder ins Auge fällt. Auch sieht man es gefärbt und umgekehrt. Man muß dann das Feld vergrößern, indem man

das Prisma um seine horizontale Axe dreht und seine vordere Seite etwas rückwärts neigt. Dadurch wird die Seite, auf welcher die Bedeckung ist, um eben so viel erniedrigt. Dies geschieht ohne weitere Unbequemlichkeit. So lange nämlich das Prisma keine andere Bewegung, als nach dieser Richtung erhält, so lange verändern die Bilder ihre Lage gegen das Papier gar nicht. Und in der That ist dies ein wesentlicher Vortheil.

Will der Künstler z. B. einen Gegenstand oder zwei Gegenstände aufnehmen, die in der Mitte des abzuzeichnenden Feldes liegen, so braucht er nur dieses Feld gerade und fest im Auge zu behalten und sich der vordern Seite des Prisma's als eines Mittels bedienen, wodurch er seine Beobachtung zu regieren im Stande ist. Er kann dann sein Auge üben und aus der Vergleichung der schon abgezeichneten Skizze die relativen Größen und Entfernungen der Gegenstände bestimmen, welche auf dem Felde der Landschaft noch zu zeichnen

übrig sind. Sucht er nun die diesen Gegenständen in der Zeichnung gebührende Stelle auf, so kann er sie mit derjenigen Stelle vergleichen, welche das Prisma selbst den Bildern, die es von den Gegenständen machte, gegeben hat.

Ist man wirklich auf dieses Verfahren achtsam, so erhält man viele Genauigkeit in dem Augenmaaße. Selbst der vollendete Künstler wird hierdurch viele Zeit ersparen, vornehmlich wenn viele verwickelte Gegenstände abzuzeichnen sind. In diesem Falle kann er sich des Instruments bedienen, um die relative Lage aller Punkte seines Gemäldes, die er für wichtig hält, gegen einander anzugeben. Denn der Apparat hat ja die Eigenschaft, alle Bilder der Gegenstände in der strengsten Perspectiv darzustellen.

Um kleine Gegenstände vergrößert abzuzeichnen, muß man folgendes von Wollaston angegebene Verfahren beobachten.

In der Gegend, wo die Strahlen aus dem

Prisma herauskommen, bringt man ein Linsenglas an. Wenn man dann die Bedeckung in eine vertikale Lage richtet, und den Gegenstand direct ansieht, so erscheinen Papier und Zeichnenstift auf dem Vordergrunde des Gegenstandes bald mehr, bald weniger deutlich reflectirt, je nach der Größe der Oberfläche des Prisma's, welche der Pupille ausgesetzt ist.

Man kann auch eine vergrößerte Zeichnung in dem Verhältniß der vermehrten Stärke der Linse und der Oberfläche des Papiers, das die Bilder einnimmt, erhalten. Ja, selbst ein zusammengesetztes Mikroskop kann man zu Hülfe nehmen. Will man ein solches Mikroskop wirklich dabei anwenden, so läßt man der Bedeckung ihre horizontale Lage und bringt das Mikroskop eben so horizontal an, und zwar nach der Vorderseite des Prisma's zu, gegen welches man das Okularglas des Mikroskops richtet.

Selbst eines Teleskops oder einer gewöhnlichen Brille kann man sich auf gleiche Art

bedienen, wenn man deren Augengläser gegen die vordere Seite des Prisma's richtet. So fängt man auf dem Papiere das Bild eines entfernten Gegenstandes auf. Die Umrisse dieses Bildes kann man dann auf eine völlig neue und akkurate Weise abzeichnen. Lauter nicht unbedeutende Vorzüge des Wollastonschen Instruments vor andern ähnlichen zu demselben Behuf!

Zwei und zwanzigstes Kapitel.

Einige Betrachtungen über das Flammenlicht und über Laternen.

Bei dem gewöhnlichen Flammenlicht, aus einem mit Fett umgebenen Dochte bestehend, kommt es, wenn es die möglichste Helligkeit ohne Rauch verbreiten und überhaupt die größte Vollkommenheit besitzen soll, hauptsächlich darauf an, daß die brennbare Materie an allen ihren Theilen erhitzt und überall vollkommen zersetzt wird. Die gemeinen Dochte, welche aus Garn rund zusammengedreht sind, konnten diesem Erforderniß nicht Genüge leisten, weil sie der atmosphärischen Luft (ohne welche keine Flamme existiren kann) zu wenige Berührungspunkte darbieten und die in der Mitte des Dochtes befindlichen brennbaren Theile gleichsam versteckt brennen. Des-

halb werden hier immer viele unzersetzte Theile als Rauch in die Höhe geführt.

Der Schwede Altströmer erfand zuerst die dünnen bandförmigen Dochte, welche der Luft mehr Oberfläche darbieten, nicht so viele in der Dicke des Materials versteckte Theile enthalten, als die rund gedrehten, und daher viel heller und rauchfreier brennen. Noch mehr leisten freilich die sogenannten Argandischen Dochte, im Jahr 1783 von dem Schweizer Argand in London erfunden. Diese sind auf eine eigne Weise hohl cylinderförmig gewebt. Wenn sie brennen, so findet in ihnen ein beständiger Luftzug statt. Dadurch bringen sie viel Sauerstoff der atmosphärischen Luft herbei, und eben dadurch erzeugen sie eine vollkommene Zersetzung des brennbaren Stoffs, rauchen nicht und brennen ungemein hell.

Solche Argandische Dochte werden gewöhnlich von cylindrischen Gläsern umschlossen, und über sich hat die Flamme einen

Lichtschirm, einen Reflector, einen Hohlspiegel oder eine Reverbere, wodurch die Lichtstrahlen zurückgeworfen werden. Dies ist sowohl bei denjenigen Argandischen Lampen, welche man zur Erleuchtung der Zimmer (selbst als Studirlampen), als auch bei denjenigen der Fall, welche man als Straßenlaternen anwendet.

Bei den Lampen und Laternen mit Reverberen oder Hohlspiegeln, den Reverbirlampen und Reverbirlaternen, soll der Reflector die Lichtstrahlen so zurückwerfen, daß sie mehr beisammen bleiben (nicht, wie gewöhnlich, divergiren) und daß sie daher auf eine gewisse Stelle eine stärkere Helligkeit verbreiten. Daß ein solcher Reflector bei Studirlampen und Zimmerlampen überhaupt, wegen Schonung der Augen, nicht ganz undurchsichtig, sondern immer durchscheinend seyn sollte (z. B. von Papier, von Porcellan, von milchweißem Email, von mattgeschliffenem Glase ꝛc.), damit in dem Zim-

mer nie eine auffallende Dunkelheit an Helligkeit gränze, ist schon früher vorausgesetzt worden. Was aber die Eigenschaften einer vorzüglich guten Laterne zur Straßenbeleuchtung betrifft, sie mag einen Argandischen, oder einen bandförmigen, oder einen gemeinen Docht enthalten, so dürften diese wohl folgende seyn.

1. Die Laternen müssen ein reines, weißes, helles, gleichförmiges Licht verbreiten; und dieses Licht muß ohne Beschwerde des Auges in großer Weite, wo möglich mit ungeschwächter Stärke, wahrgenommen werden.

2. Die Lichtflamme muß sich in dem Brennpunkte des Hohlspiegels befinden, und der Hohlspiegel selbst muß (wenn er die möglichste Vollkommenheit besitzen soll) parabolisch seyn, damit er alle aus dem Brennpunkte auf ihn fallende Lichtstrahlen parallel zurückwerfe. Alsdann wird das Licht, fast ohne Verlust und ohne Veränderung, gleichsam in einen unendlichen Raum fortgepflanzt. Und so erfährt

man nicht die Unvollkommenheit der progressiven Schwächung.

3. Auf jeden Fall muß die Zerstreuung des Lichts verhütet seyn; denn sonst werden ja die Strahlen im Verhältniß des Quadrats der Entfernung immer schwächer und schwächer. Wird die Unbequemlichkeit der progressiven Schwächung des Lichts wirklich vermieden, so hat das Licht auch auf das Gesicht eine angenehme Wirkung; und eben dadurch läßt sich auch die Anzahl der Lampen bedeutend vermindern.

4. Man muß den Spiegeln eine beliebige Richtung geben können, damit die Lichtstrahlen auch an die Stellen sich hinwerfen lassen, wo man sie haben will, und damit keine Stelle des zu erleuchtenden Raums einen Theil der Strahlen einbüße, welche er von der Flamme zu empfangen hat.

5. Die Spiegel müssen möglichst blank seyn, und ihre Glätte und Politur nicht leicht

verlieren. Die silberplattirten Spiegel sind wirklich die besten.

6. Die Lampe darf keinen Rauch verursachen, damit sie nicht schwarz werde und die Spiegel nicht anlaufen. Schon bei weniger Sorgfalt müssen die Spiegel ihre Politur, Lampe und Laterne ihre Sauberkeit beibehalten. Hierbei kommt es vornehmlich darauf an, daß die Lampe aus dem Brennmaterial den möglichsten Vortheil ziehe, daß dieses Material möglichst lebhaft brenne, die möglich größte Summe von Lichtstoff fortschicke und daß hierbei aller Rauch verzehrt werde. Durch einen guten Argandischen Docht bewirkt man dies am besten.

7. Die Seitenstrahlen sowohl, als diejenigen, welche an die Wände der Häuser fallen, müssen noch benutzt werden, um die directen mit der Straße parallel laufenden zu vermehren. Denjenigen Stellen des Bodens und denjenigen Gegenständen, welche der Lampe am nächsten liegen, muß alles directe Licht

verbleiben, welches nicht auf die Oberfläche der Spiegel fallen kann. Indem es auf die gewöhnliche Art divergirt und sich mit den zurückgeworfenen Parallelstrahlen vereinigt, muß es den ganzen Raum mit einer merklichen Gleichheit erleuchten.

8. Blenden darf das Licht nicht; und nirgends dürfen unbequeme Schatten sich zeigen. Selbst die unvermeidlichen Schatten, welche durch die Vereinigungswinkel der Spiegel u. dgl. entstehen, müssen wo möglich verschwindend gemacht seyn.

9. Leicht muß die zum Brennen nöthige Luft herbeiströmen, ohne der Stetigkeit der Flamme Eintrag zu thun.

10. Im Winter darf das Oehl nicht gerinnen, welches auch nicht geschehen kann, wenn die Verbrennung eine solche Lebhaftigkeit besitzt, daß alles Brennmaterial rein und ohne Rauch verzehrt wird.

11. Es dürfen keine Unreinigkeiten des Oehls die Zwischenräume des Dochts verstop-

fen. Nur eine sehr feine, sehr dünne Flüssigkeit kann der durch die Hitze vermehrten Haarröhrchenkraft folgen. Denn nur durch diese Kraft (eine Attractivkraft) zieht sich das Oehl zwischen den Dochtfasern in die Höhe. Deswegen ist ein wohl gereinigtes oder raffinirtes Oehl das beste.

12. Mit Leichtigkeit muß man eine mittlere Schrift auf der Straße lesen können. Von absoluter Stärke des Lichts läßt sich eigentlich nicht sprechen. Denn wir können ja blos die Stärke des Lichts, z. B. einer Lampe, in Vergleichung der Stärke des Lichts einer andern Lampe angeben. Dies ist man freilich im Stande, schon durch einfache Versuche mittelst einer Schrift, mittelst einer Tafel, worauf Farbenquadrätchen sich befinden u. dgl., oder durch das Photometer (Kap. 23.) zu bestimmen. Alle diese Versuche aber geben immer einerlei Resultat, nämlich: das Verhältniß der Stärke des Lichts der zu den Versuchen angewandten Laternen.

13. Durch gute Schieber, Stellschrauben u. dgl. muß sich der Docht leicht emporheben und senken lassen.

14. Aufhängen muß man die Laternen so, daß sie nicht schwanken; wenigstens darf die Lampe mit der Flamme nicht merklich schwanken, wenn auch das Gehäuse einer solchen Bewegung ausgesetzt seyn sollte.

Der berühmte Graf Rumford gab eine treffliche Lampe an, welche, statt des hohlen Argandischen Dochts, aus mehreren bandförmigen Dochten bestand. Diese Dochte hatten eine solche Stellung, daß, wenn sie alle zugleich brannten, ihre Flammen in eine einzige vorzüglich helle zusammenfloßen. Thiville in London brachte bei seinen Lampen vor der Flamme zwei bis drei facettirte und mit klarem Wasser gefüllte Glascylinder an, um dadurch den Effekt des Lichts zu verstärken. Aehnliche Einrichtungen sind noch manche andere zum Vorschein gekommen.

Es würde mich von meinem eigentlichen

Zwecke abführen, wenn ich noch von manchen andern erfundenen Lampen (Pumplampen, hydrostatische Lampen, der Sicherheitslampe des Davy u. dgl.) hier reden wollte. Man wird dies gewiß eben so wenig, als eine Beschreibung der Steinkohlengas-Beleuchtungsart, hier erwarten.

Drei und zwanzigstes Kapitel.

Die Photometer zur Bestimmung der Lichtstärke.

Die Stärke der Beleuchtung einer Fläche richtet sich, wie wir längst wissen, zum Theil nach der Entfernung dieser Fläche von dem leuchtenden Körper, zum Theil auch nach der Lage der Fläche in Hinsicht auf die Richtung der auf sie fallenden Strahlen (S. 10 f.; 13 f.), zum Theil aber auch nach der Menge des Lichts, welches von jedem Punkte des leuchtenden Körpers hinwegströmt, sowie nach der Menge der ausstrahlenden Punkte oder nach der Größe derjenigen Fläche des leuchtenden Körpers, welche dem beleuchteten Körper zugekehrt ist.

Mit eignen Apparaten, welche den Namen Lichtmesser oder Photometer füh-

ren, hat man die Lichtstärke zu bestimmen gesucht.

So kann man z. B. die Stärke des Lichts zweier leuchtenden Körper, z. B. zweier Lampen, auf folgende einfache Art herausbringen. Man stellt diese leuchtenden Körper in einiger Entfernung von einander, und zwischen sie und eine weiße Fläche (z. B. eine weiße Wand) irgend einen kleinen undurchsichtigen Körper, z. B. ein Buch, ein Bretchen u. dgl. Erst kommen also in der gebildeten Reihe die beiden Lichter, hierauf folgt der undurchsichtige Körper und dann die Wand. Man stellt aber die Mitte der Lichter und des undurchsichtigen Körpers nicht genau in eine und dieselbe gerade Linie.

Von diesem undurchsichtigen Körper werden zwei Kernschatten auf die Wand geworfen, wovon derjenige, welcher der bei jenem Körper zunächst befindlichen Flamme zugehört, von der andern Flamme beleuchtet wird; und umgekehrt. Sind nun diese Schatten ungleich

stark beleuchtet, so entfernt man die eine Flamme oder nähert die andere so lange, bis sie gleiche Beleuchtung hervorbringen. Jetzt mißt man die Entfernungen der Flammen von der Wand. So wie sich dann die Quadrate der gefundenen Entfernungen verhalten, so verhalten sich auch die Lichtstärken der Flammen (S. 10 f.).

Wäre z. B. unter jenen Umständen die eine Flamme dreimal so weit, als die andere, von der Wand entfernt, so würde ihre Lichtstärke neunmal größer seyn. Wäre sie viermal weiter hinweg, so würde ihre Lichtstärke sechszehnmal größer seyn; u. s. f.

Es ist übrigens gut, wenn die Stellung der Flammen so gewählt wird, daß die beiden Schatten sich berühren, um den Grad der Schwärze leichter vergleichen zu können.

Das Photometer des Grafen Rumford ist in der Hauptsache auf folgende Art eingerichtet. In einem hölzernen Gehäuse von $10\frac{1}{2}$ Zoll Länge, $7\frac{1}{4}$ Zoll Breite und $3\frac{1}{4}$ Zoll

Höhe ist die innere Fläche überall schwarz angestrichen, die hintere Wand ausgenommen. An dieser hintern Wand befindet sich in einer Falze eine geschliffene Glasscheibe, auf welcher weißes Papier geklebt ist. Ein verschiebbarer Schirm mit einem kreisförmigen Loche steht vor dieser weißen Fläche. Durch zwei Röhren kann man nach dieser Fläche hinsehen; vor dem Felde aber stehen ein Paar senkrechte Cylinder parallel mit jener Fläche, welche, von den zu den Versuchen bestimmten Lichtern beschienen, zwei Schatten auf jene weiße Fläche werfen. Zur richtigen Stellung aller dieser Theile hat Rumford sinnreiche Anordnungen getroffen. Auf Beurtheilung der verschiedenen Dichtigkeit der Schatten, durch verschiedene Flammen oder andere leuchtende Körper veranlaßt, kommt es nun hauptsächlich an, um die Stärke des verschiedenen Lichts dieser leuchtenden Körper zu bestimmen.

Das Photometer des Lampadius in Freyberg besteht aus einer Röhre, in welche

dünne Scheibchen aus einem durchscheinenden Körper, z. B. aus Horn, aus Beinglas rc., gelegt werden, um dadurch das Licht in einer bestimmten Entfernung (etwa von 2 Fuß, 4 Fuß rc.) zu beobachten. Man legt so viele Scheibchen ein, bis das zu prüfende Licht ganz unsichtbar wird. Je mehr nun Scheibchen dazu erforderlich sind, desto stärker ist das Licht.

Leslies Photometer besteht aus zwei correspondirenden Thermometern, wovon die Kugel des einen geschwärzt ist. Im Dunkeln stehen die beiden Thermometer gleich hoch; im Lichte aber steht das Thermometer mit geschwärzter Kugel höher als das andere, und zwar um so höher, je größer die Stärke des darauf fallenden Lichts ist. — Und so giebt es ähnlicher sinnreicher Lichtmesser zur Bestimmung der Lichtstärke noch mehrere, die hier aber nicht weiter beschrieben werden sollen.

Fig. 1.

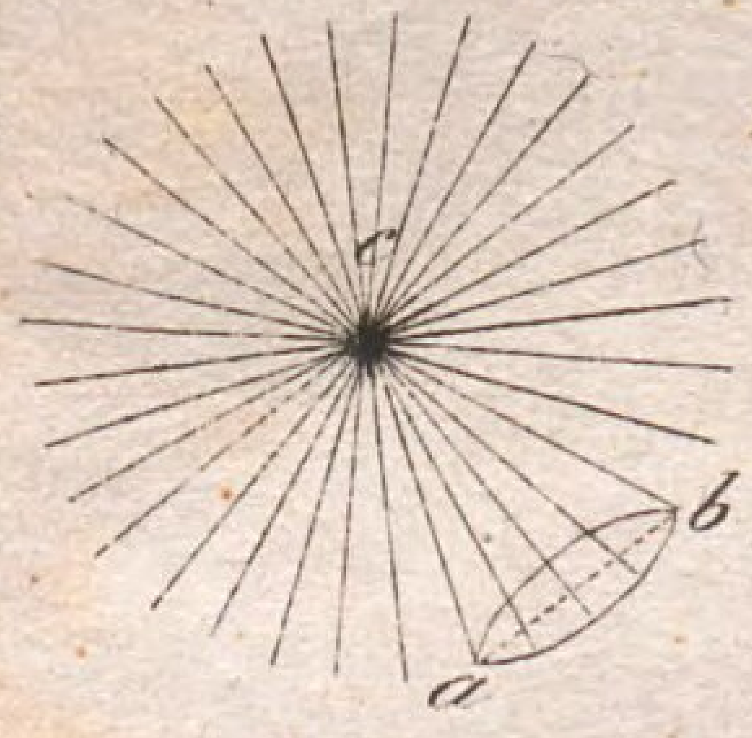


Fig. 2.

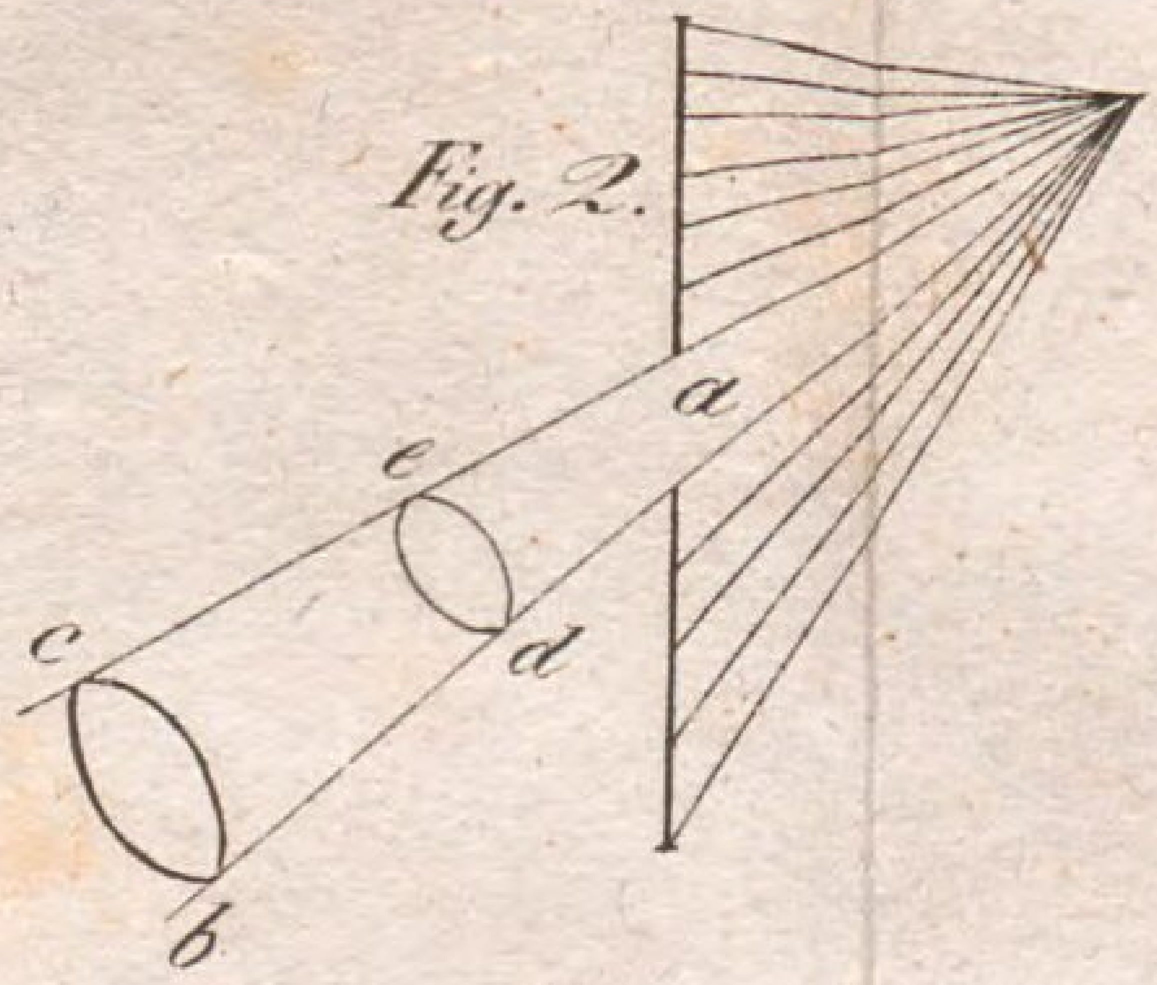


Fig. 3.

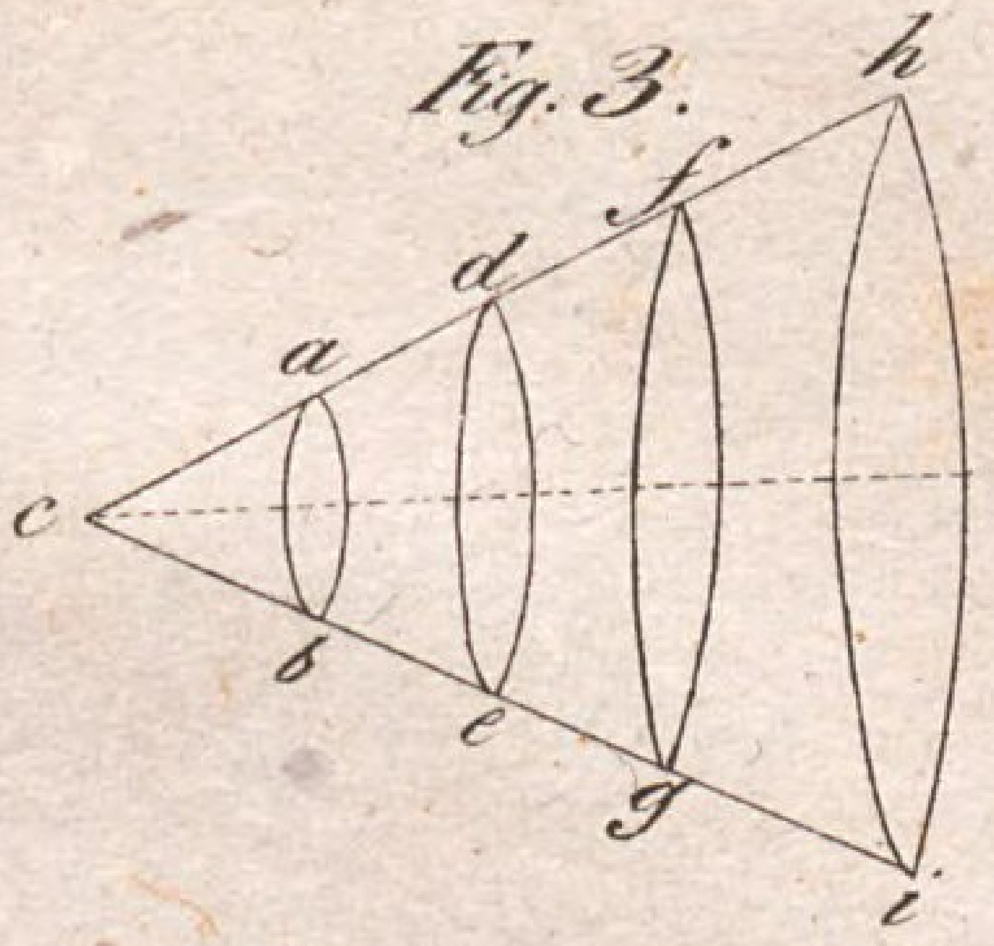


Fig. 4.

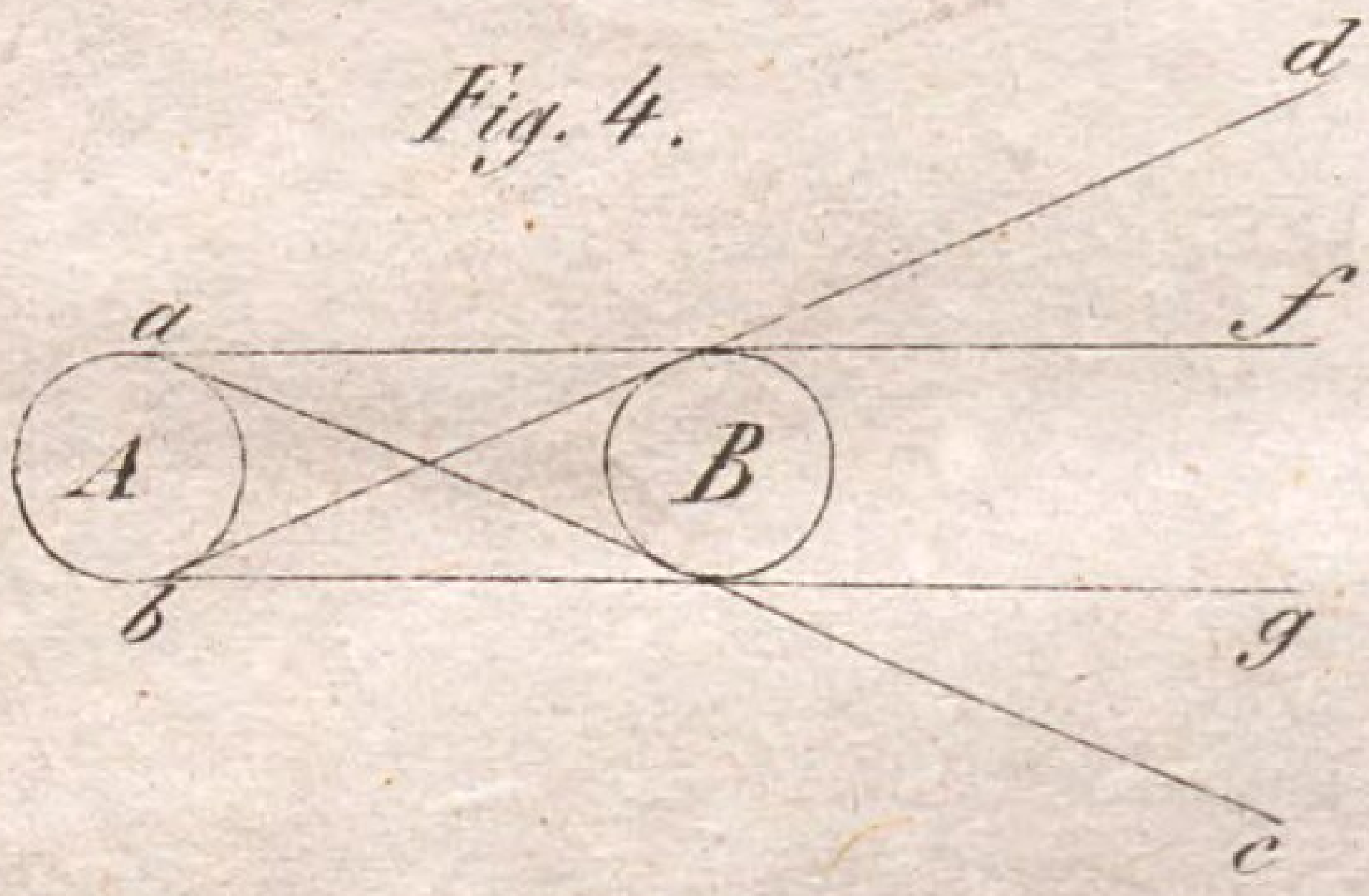


Fig. 5.

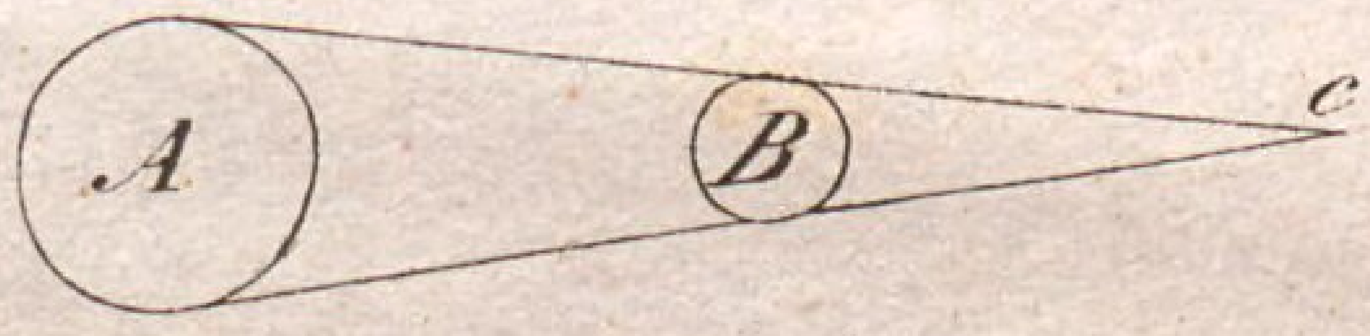


Fig. 6.

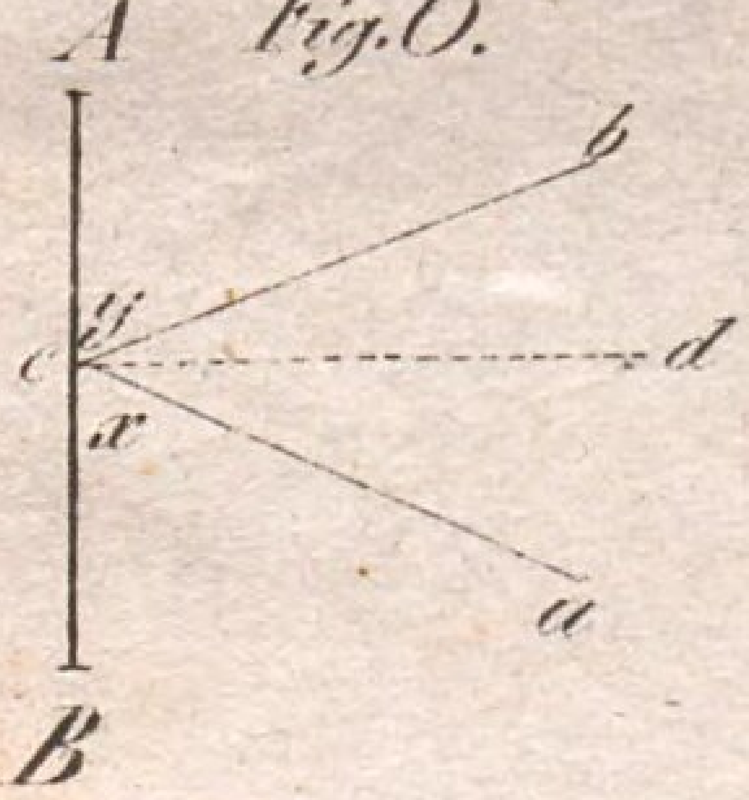


Fig. 7.

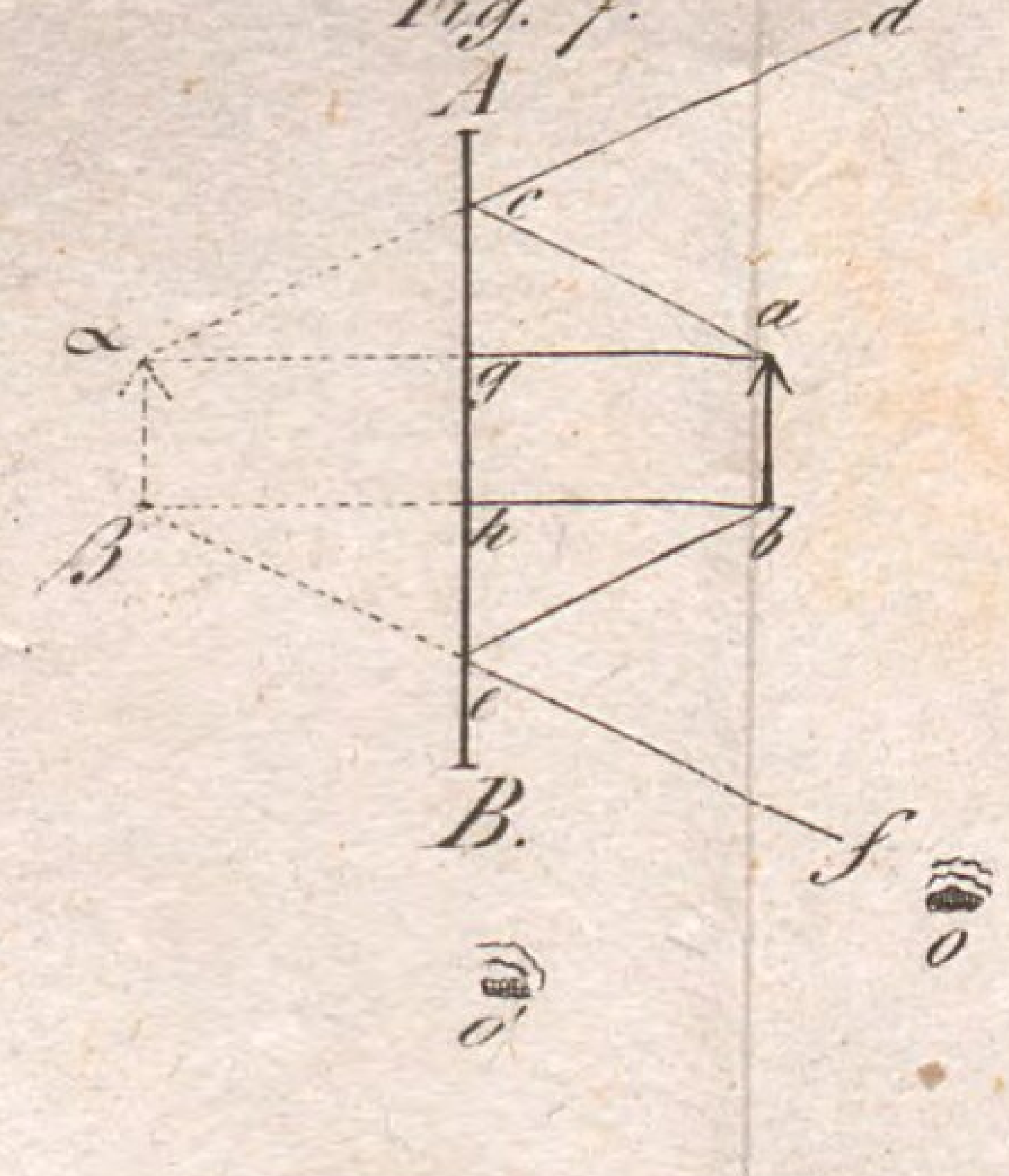
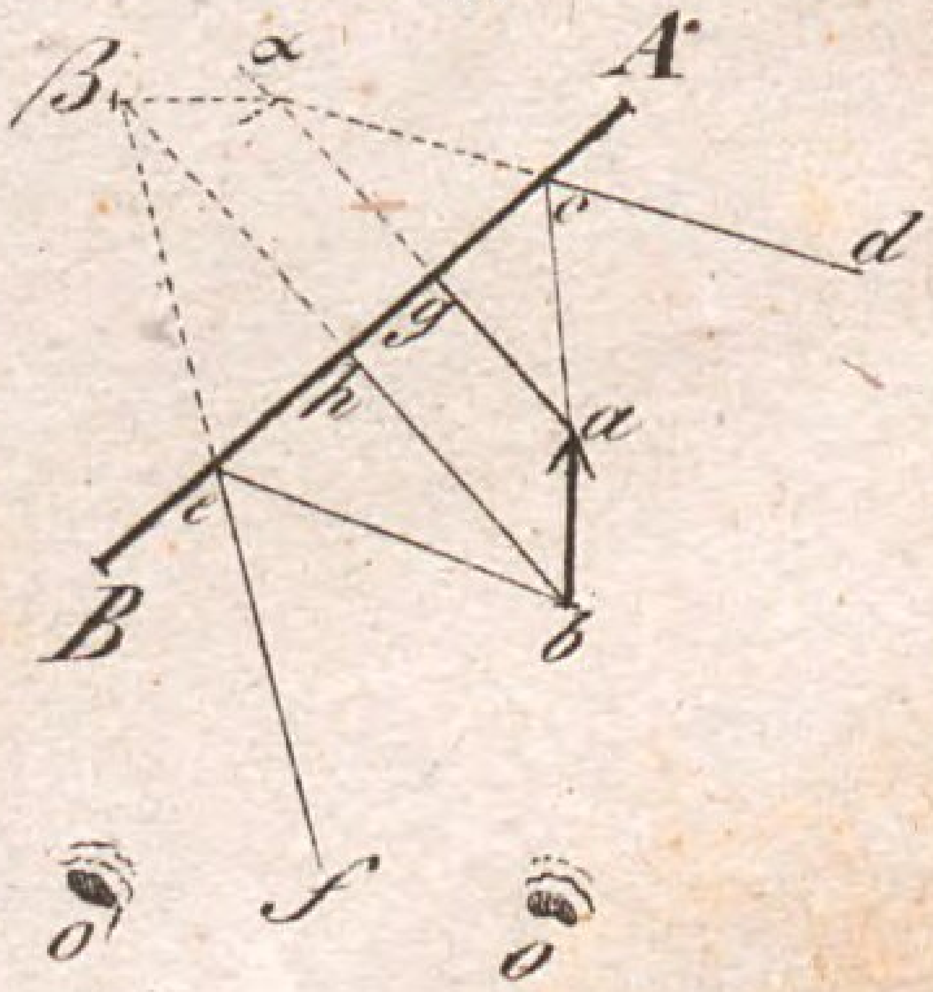


Fig. 8.



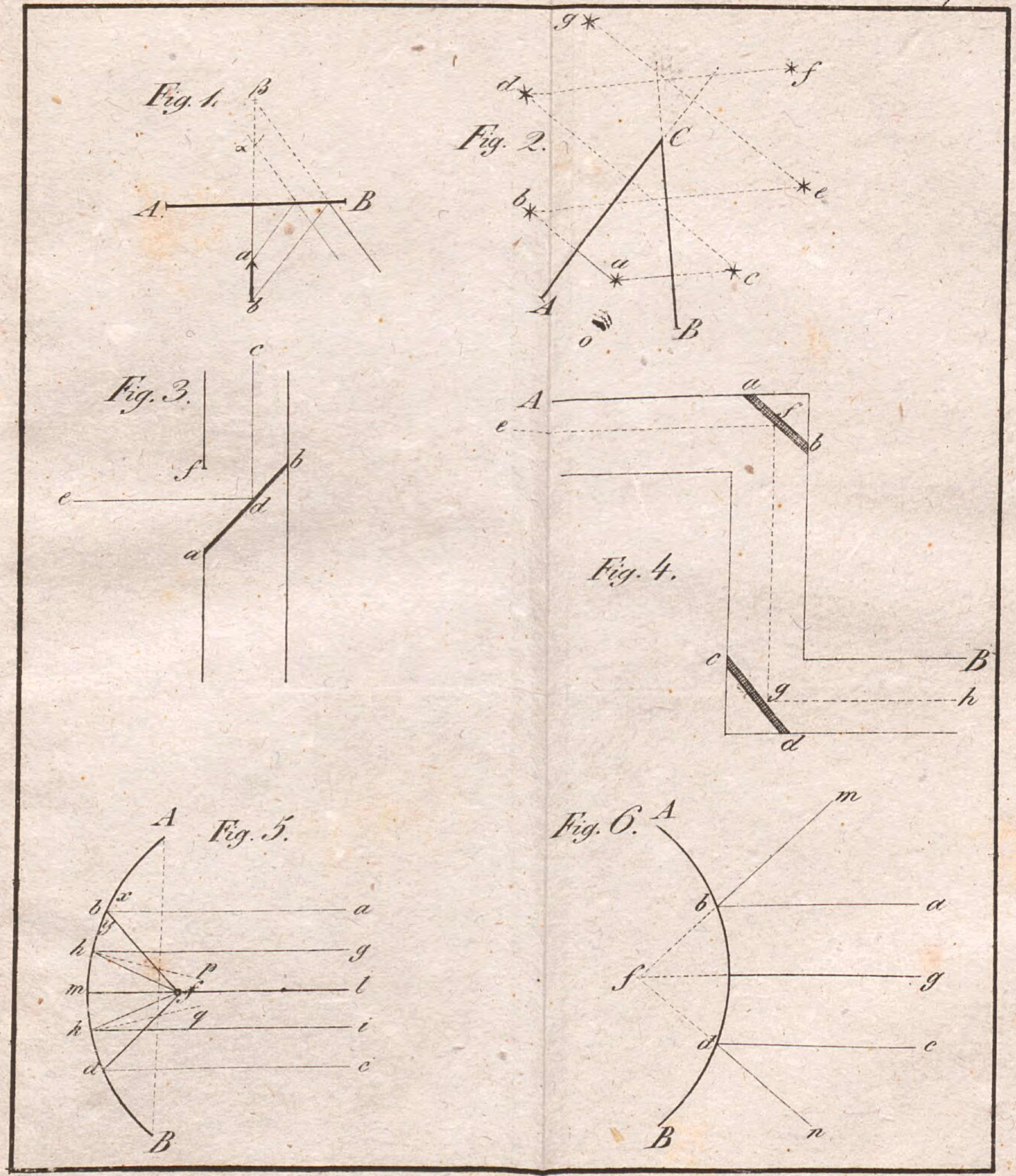


Fig. 1.
β
α
A.
B
a
b
Fig. 2.
g
d
f
C
b
e
a
c
A
o
B
Fig. 3.
c
f
b
e
d
a
A
a
e
f
b
Fig. 4.
c
B
g
h
d
A
Fig. 5.
b
x
y
a
h
g
p
m
f
l
k
q
i
d
c
B
A
Fig. 6.
m
b
a
f
g
d
c
B
n

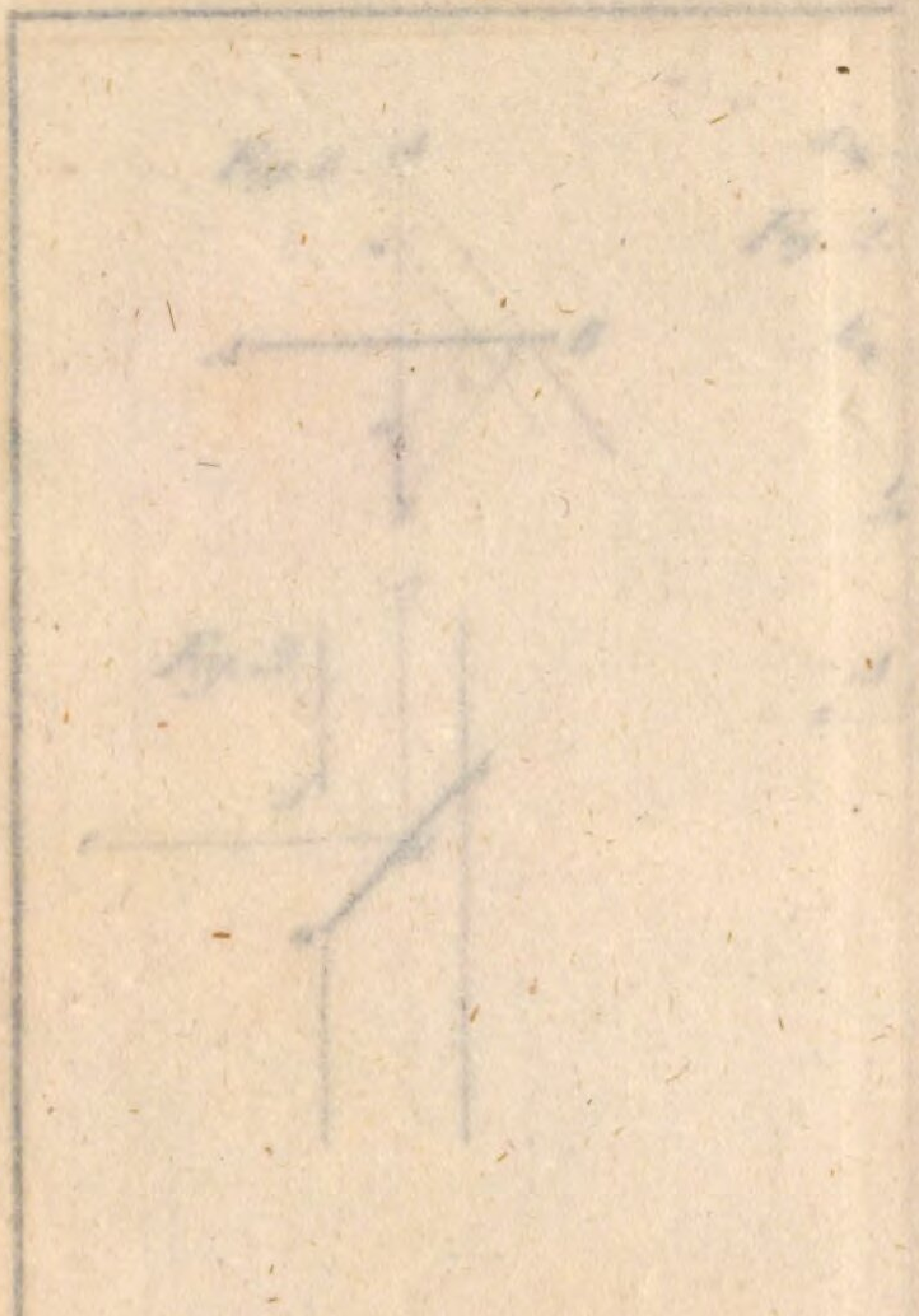


Fig. 5.
A
B

Fig. 1.

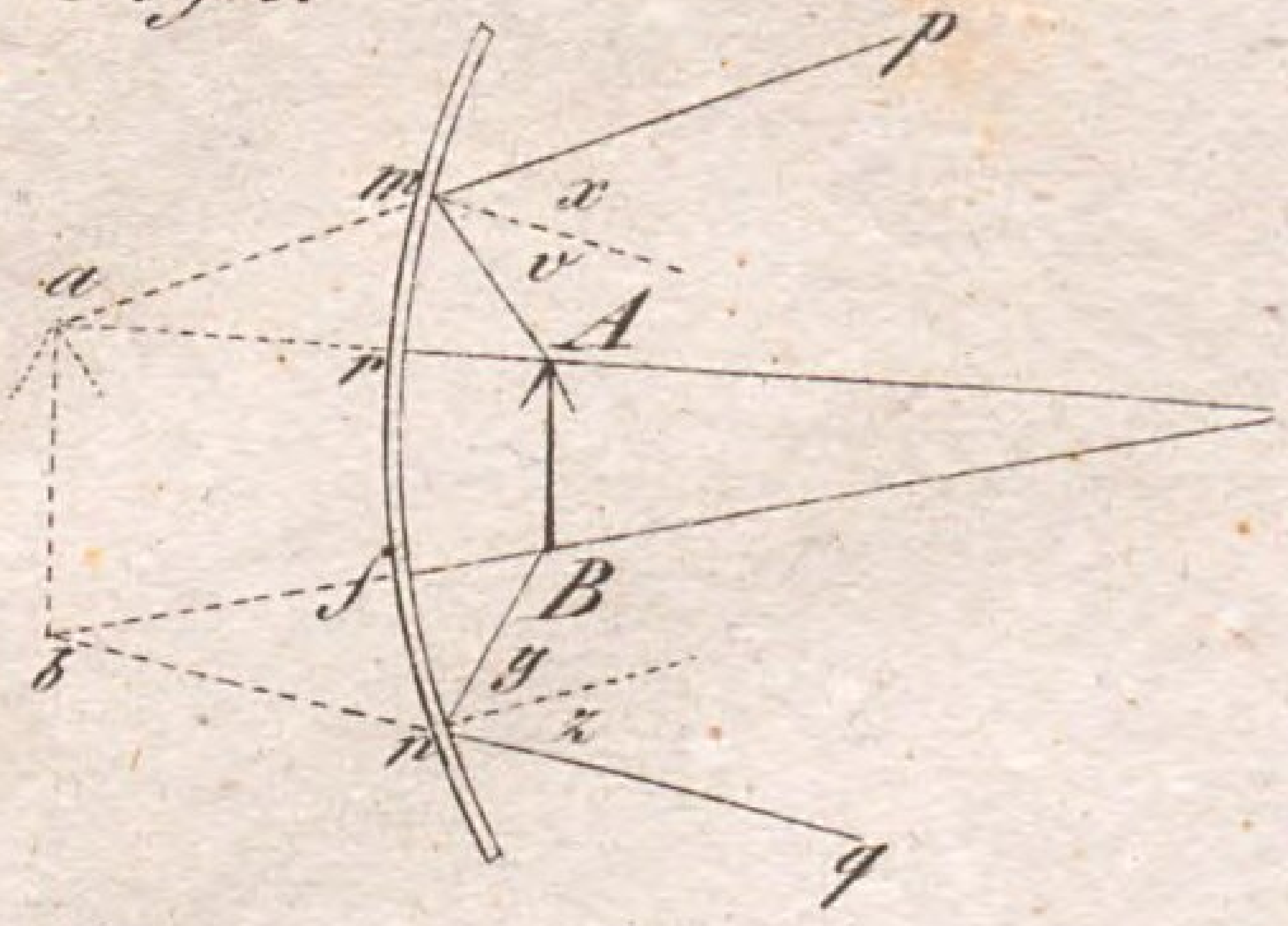


Fig. 2.

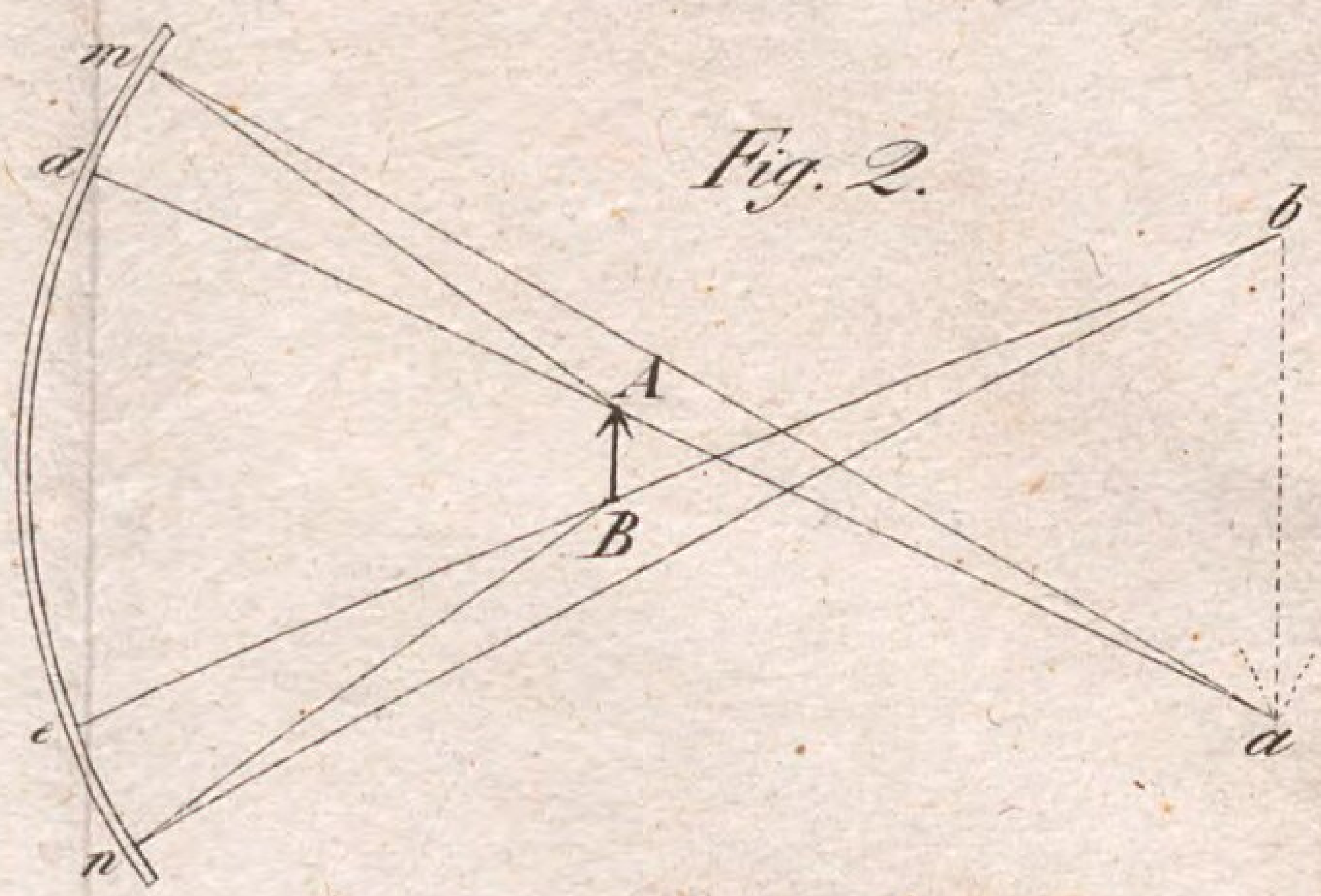


Fig. 3.

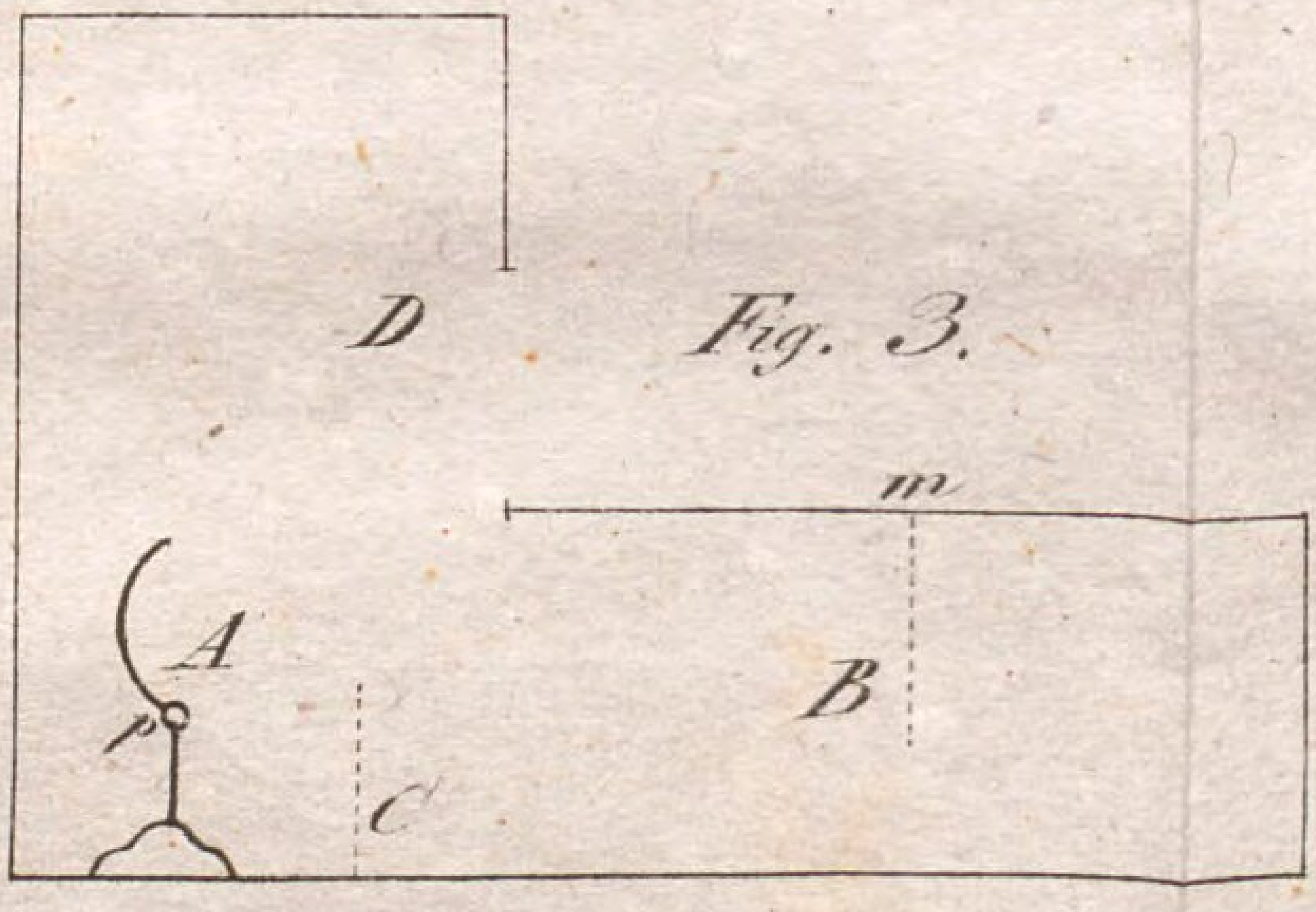


Fig. 4.

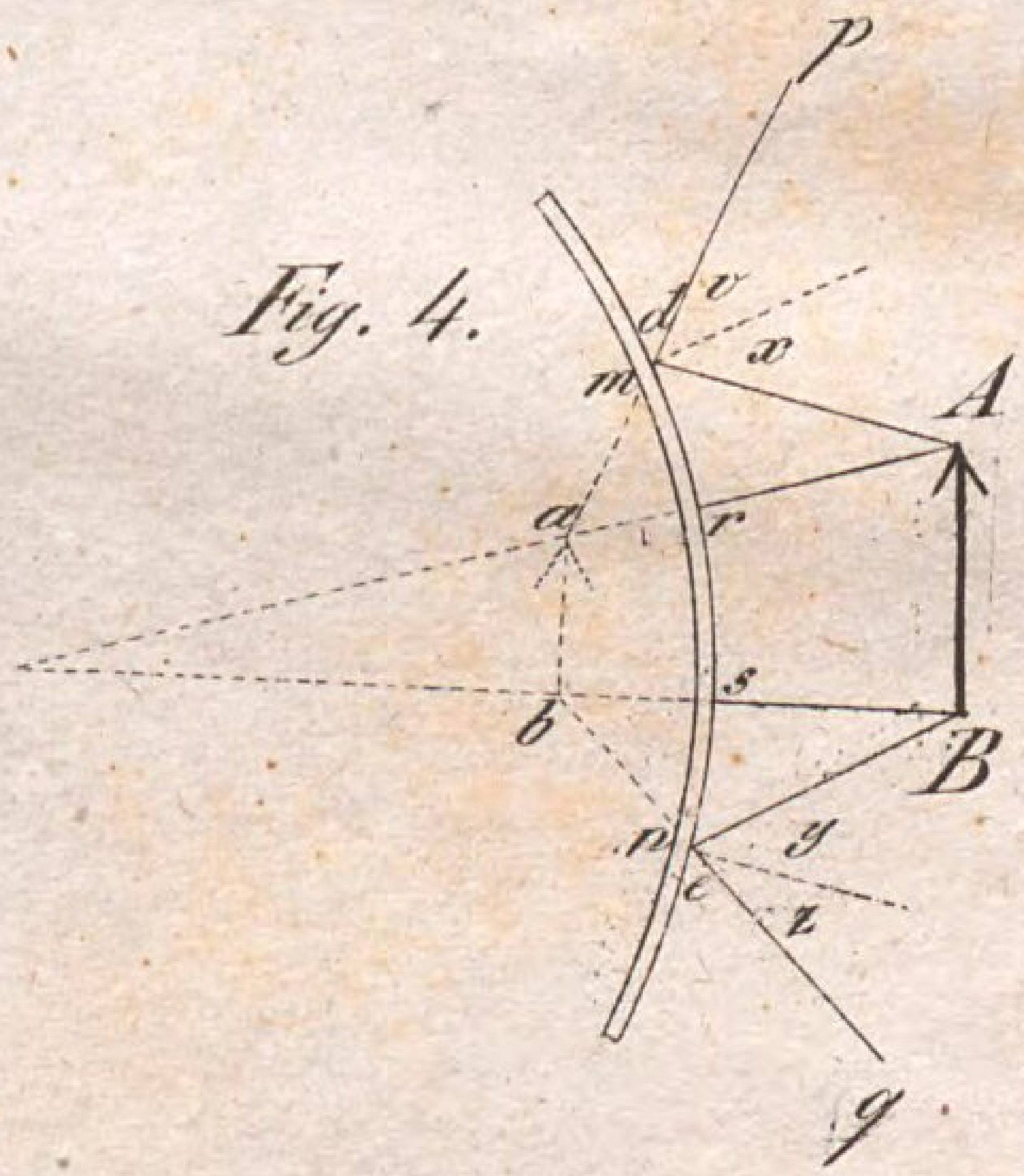


Fig. 5.

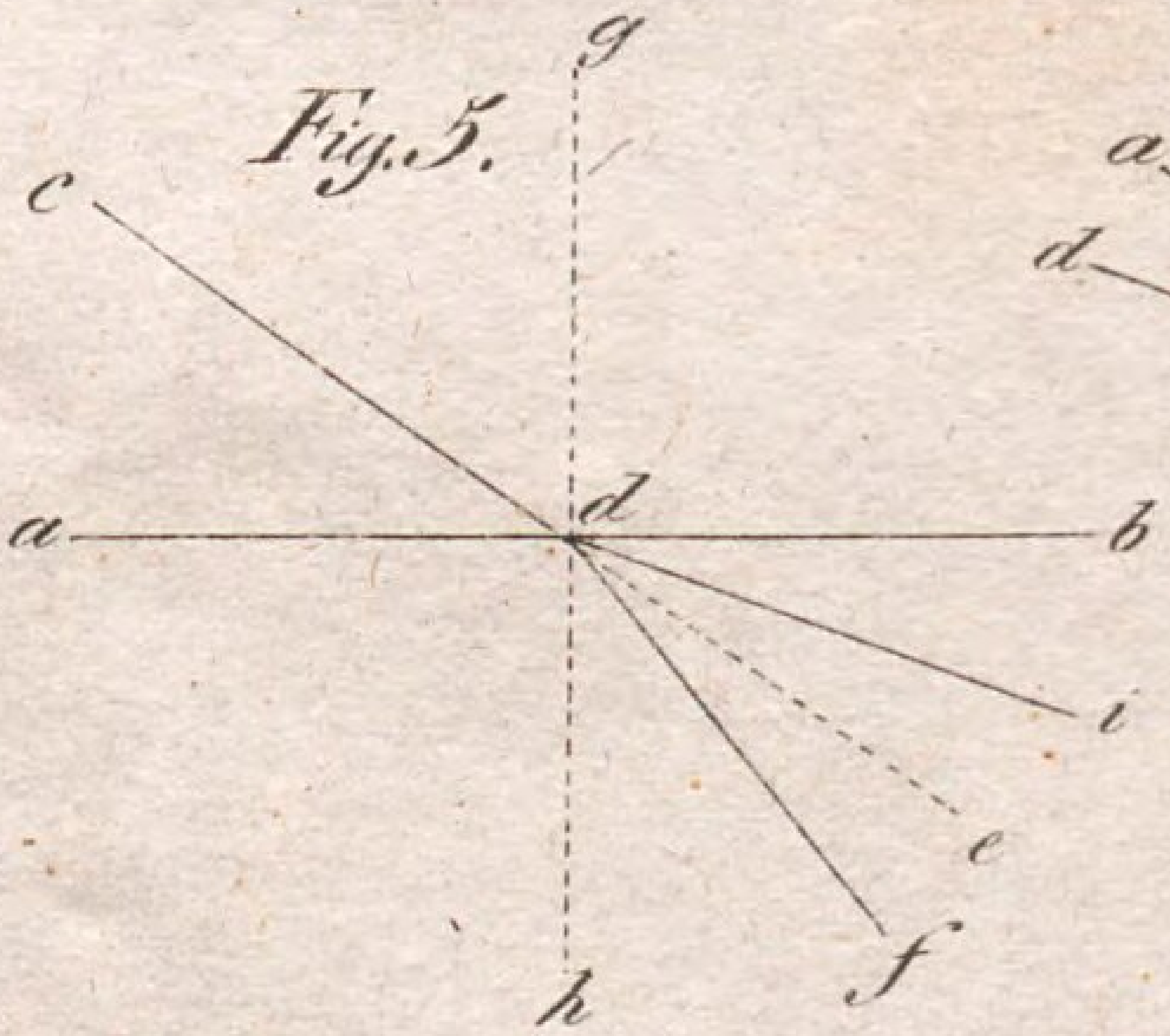
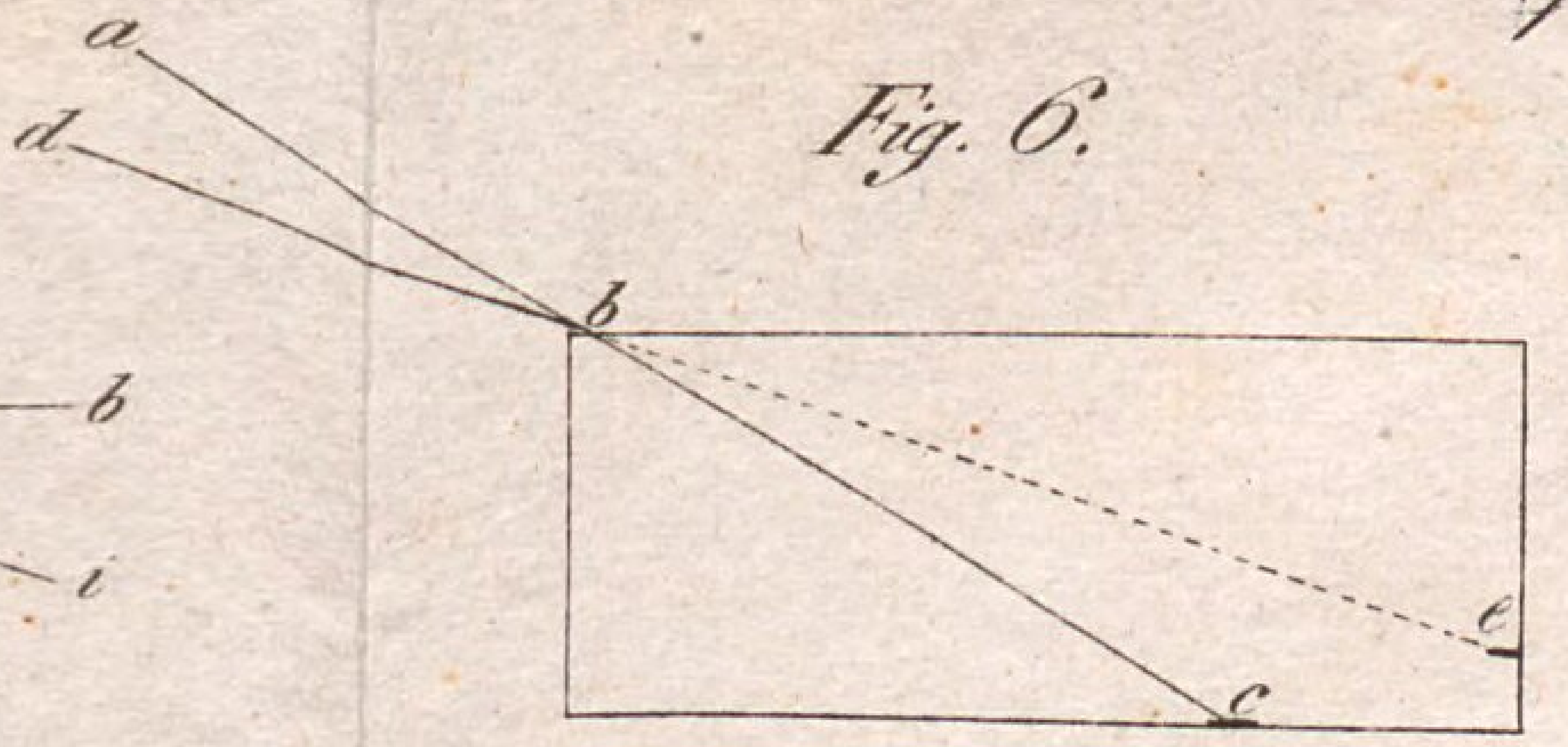


Fig. 6.



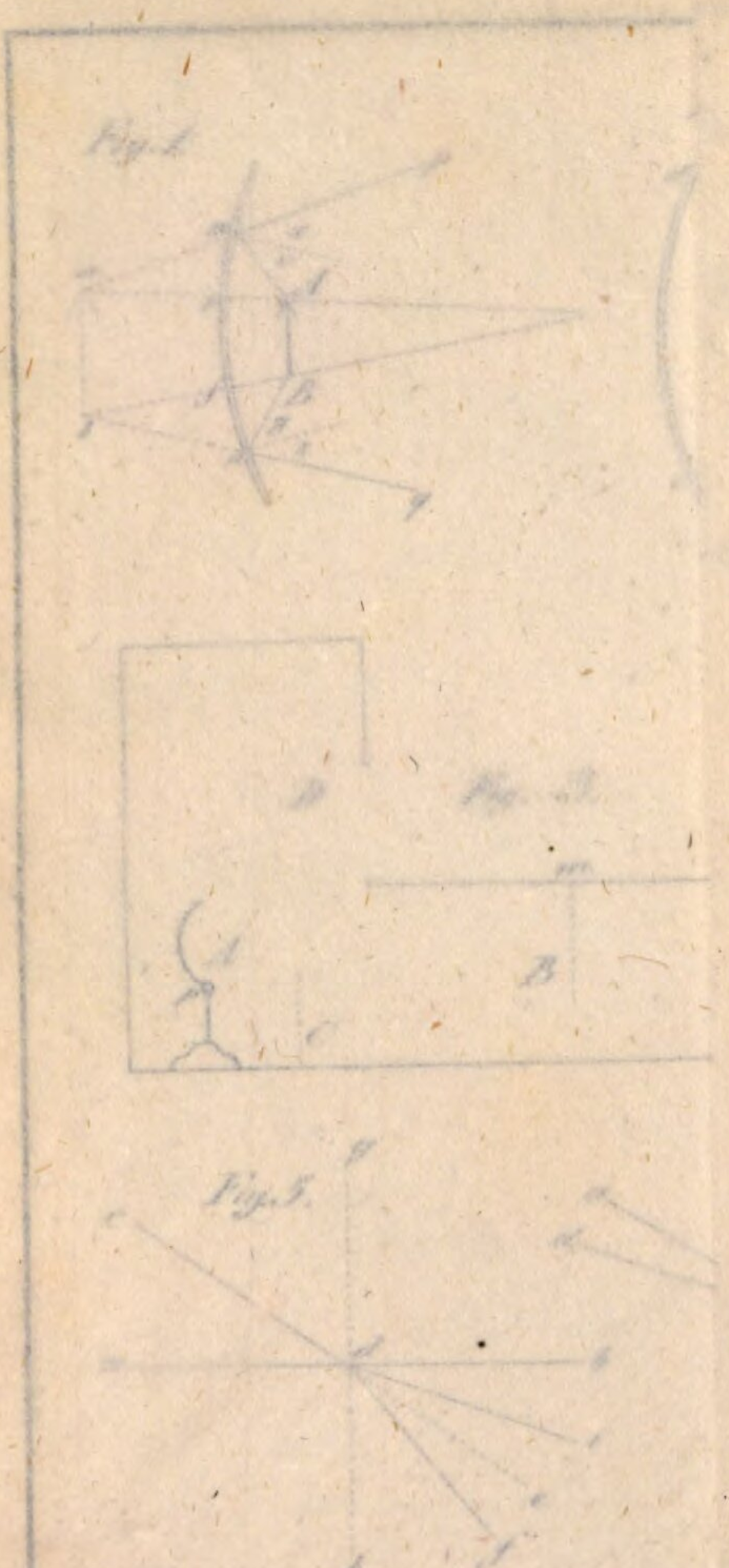


Fig. 1.
Fig. 3.
Fig. 5.

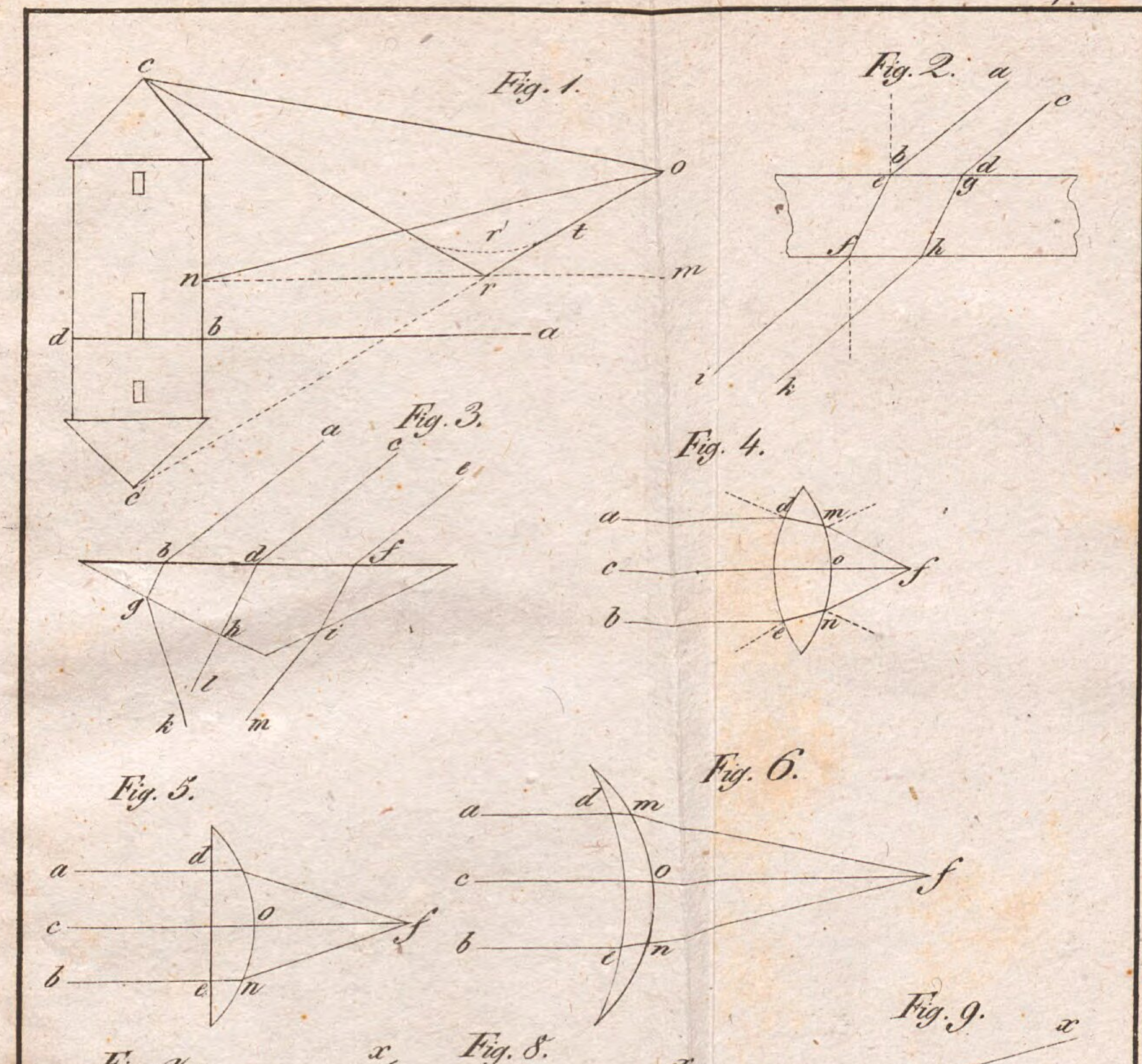


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.

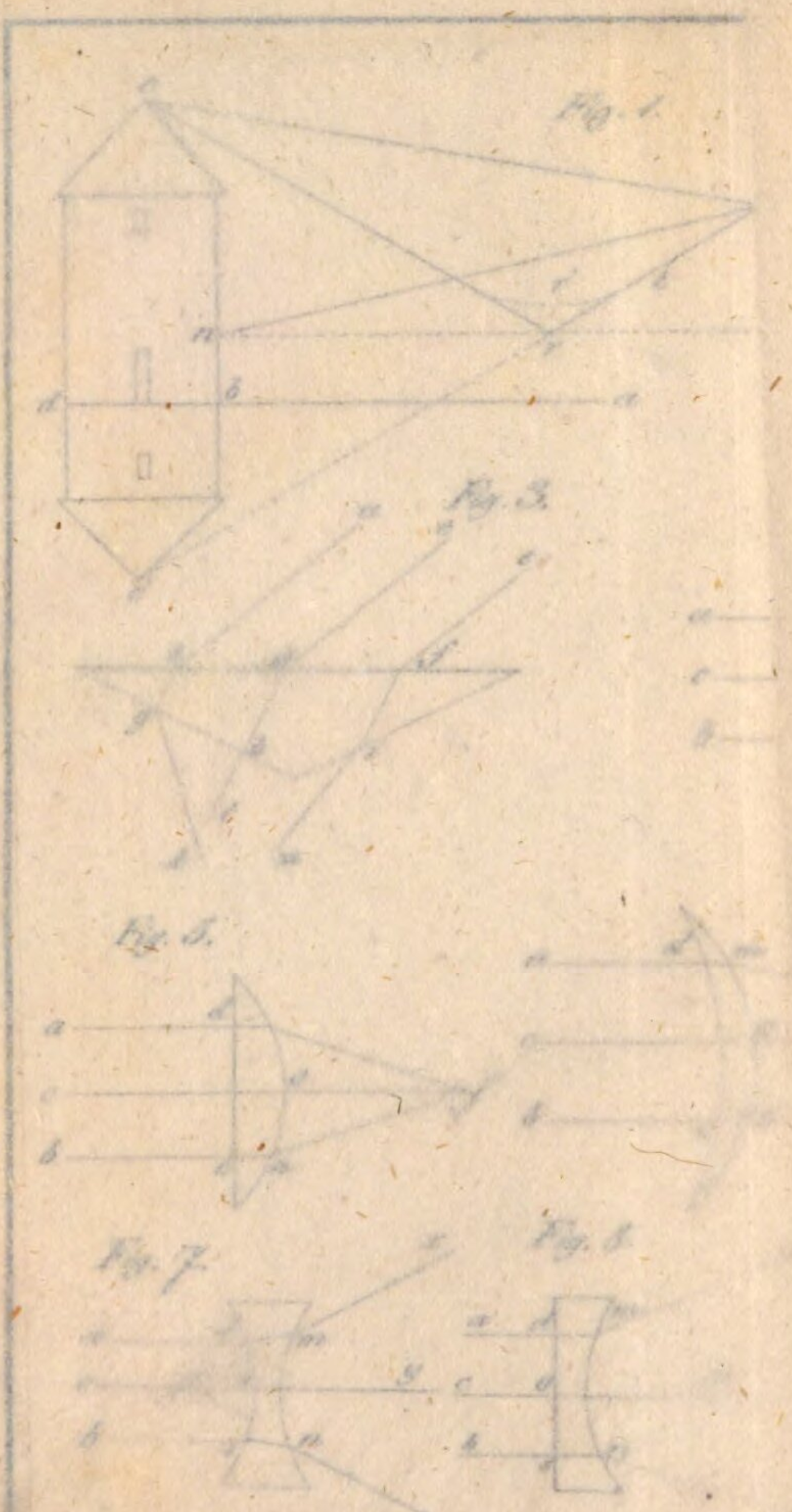


Fig. 1.
Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 7.

Fig. 1.

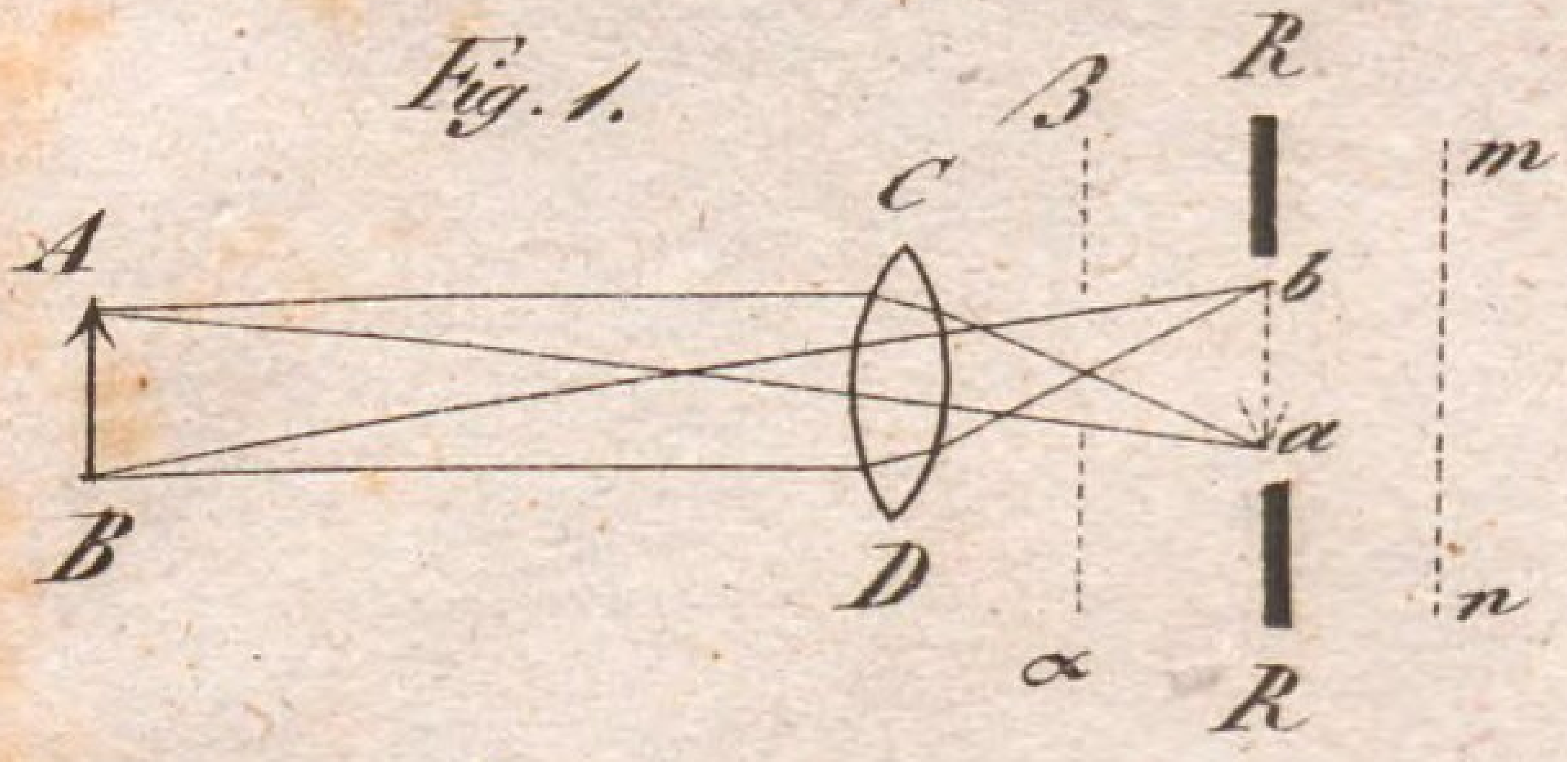


Fig. 2.

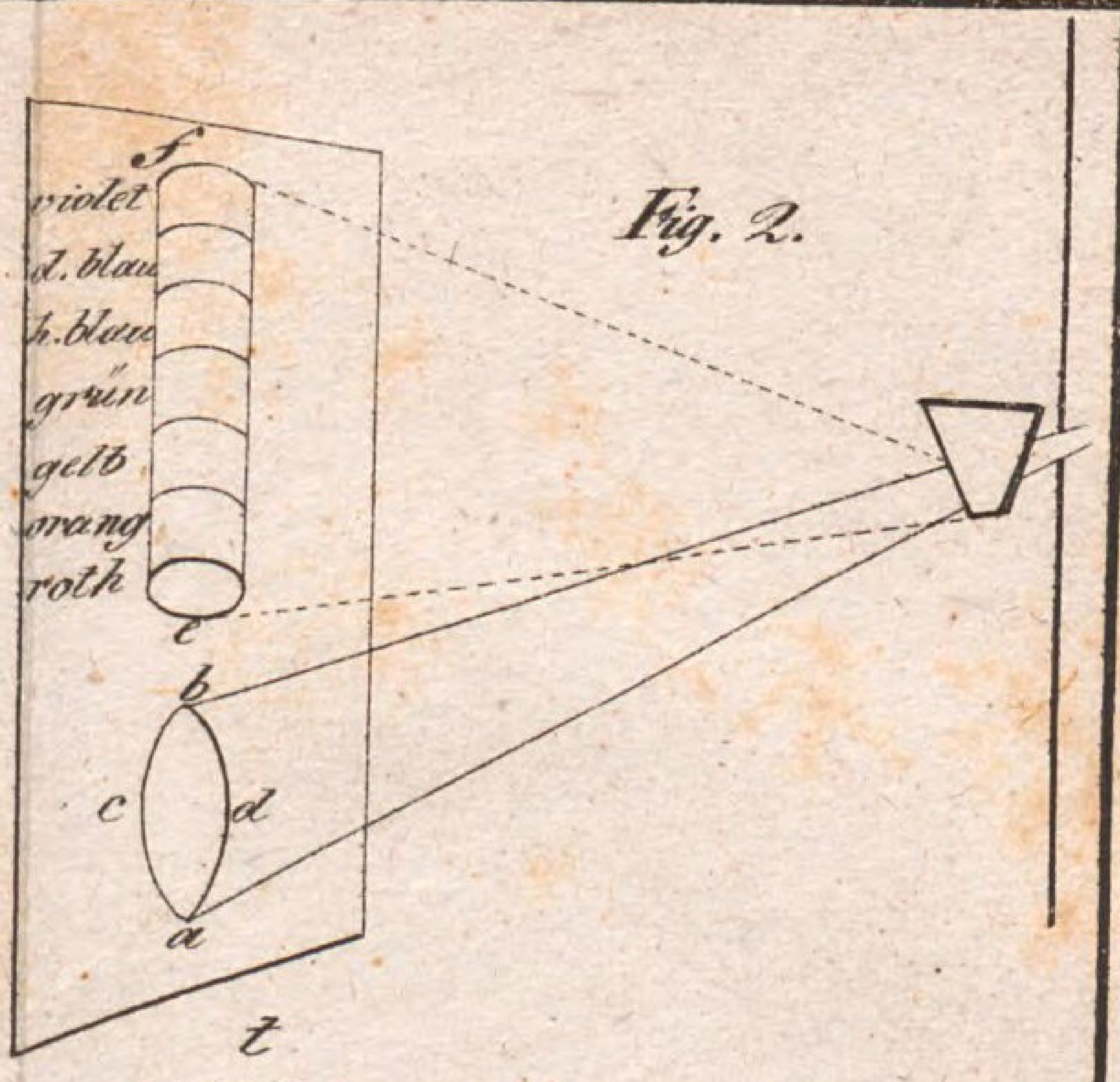


Fig. 3.

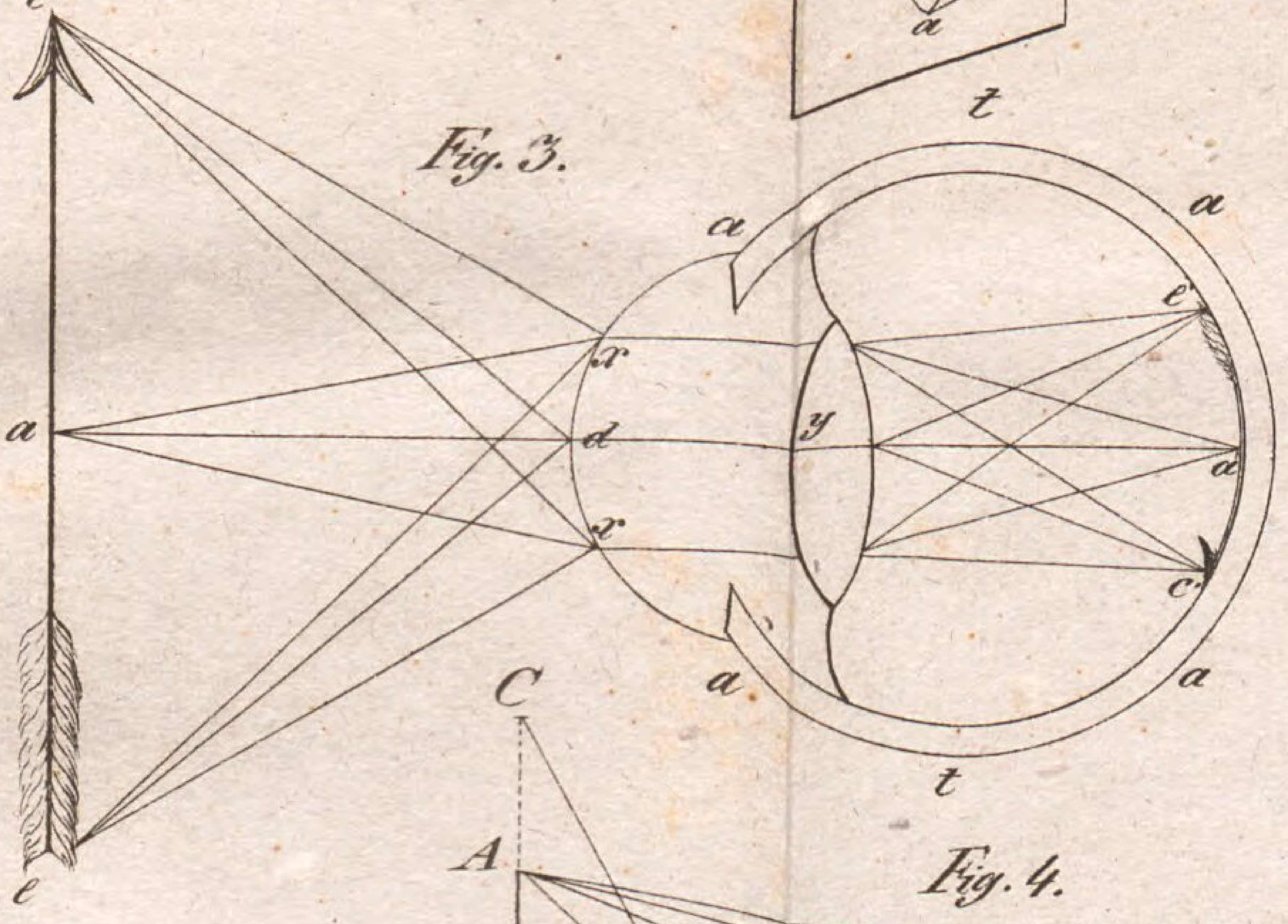


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 5.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

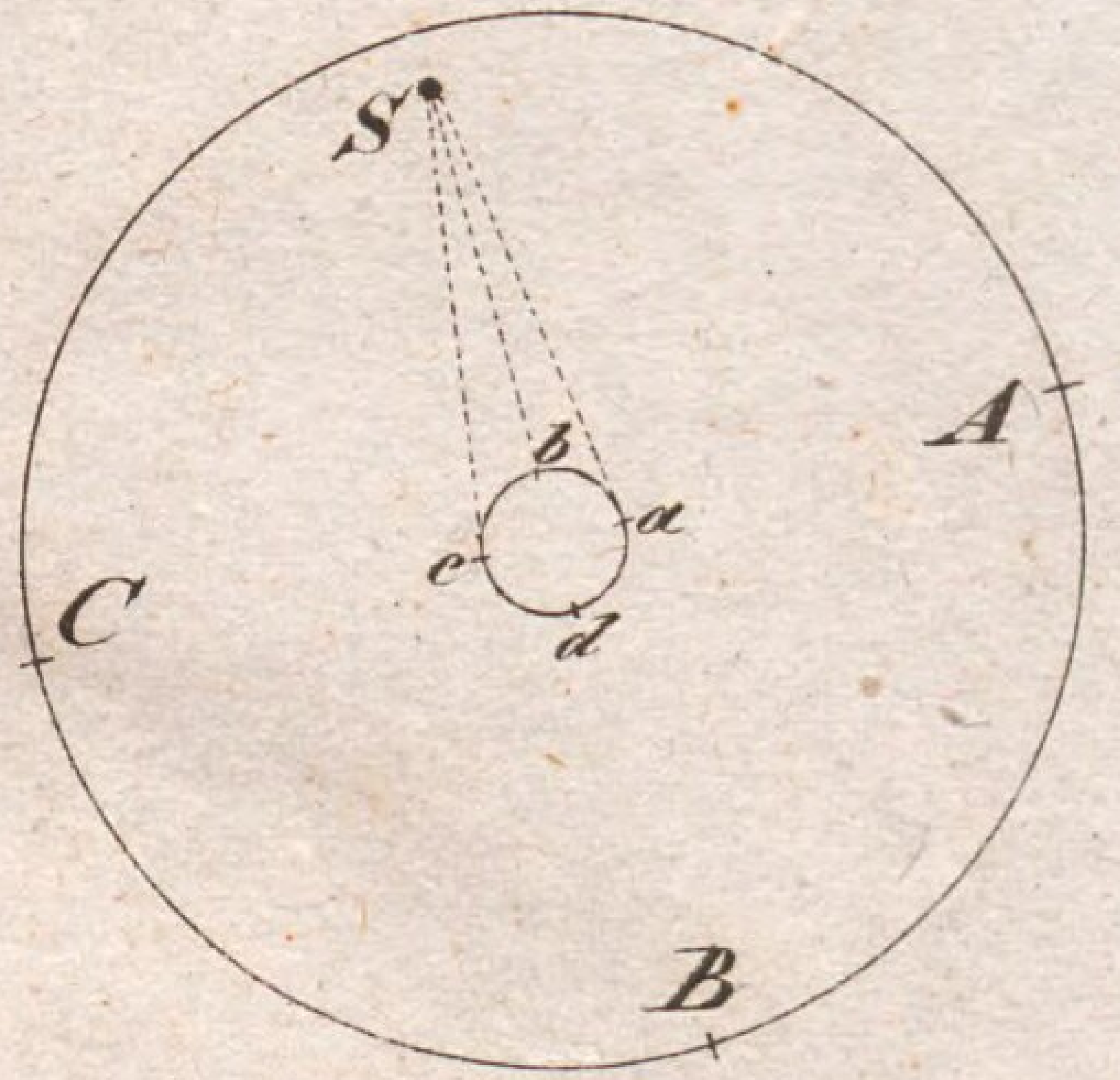
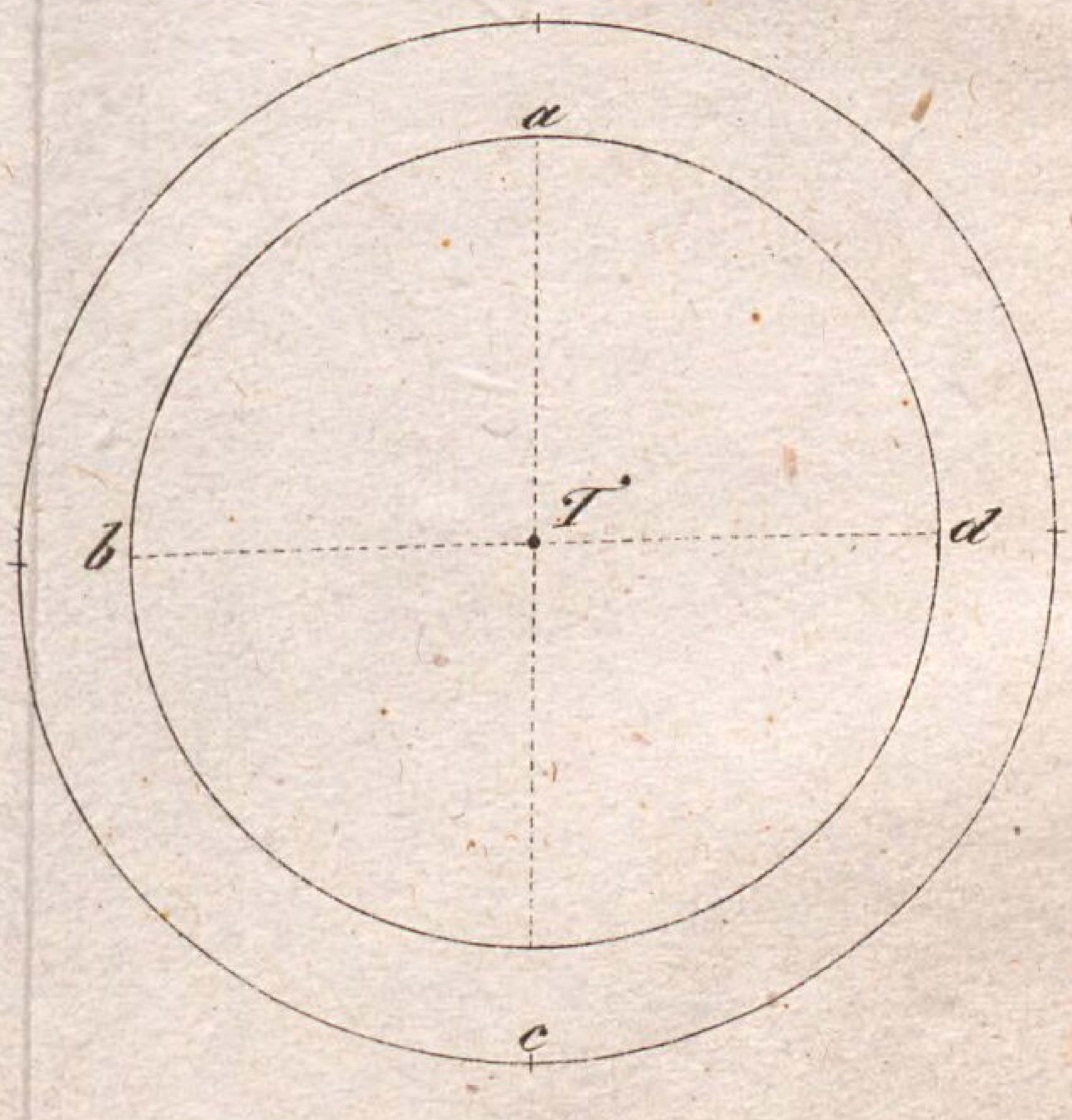


Fig. 4.



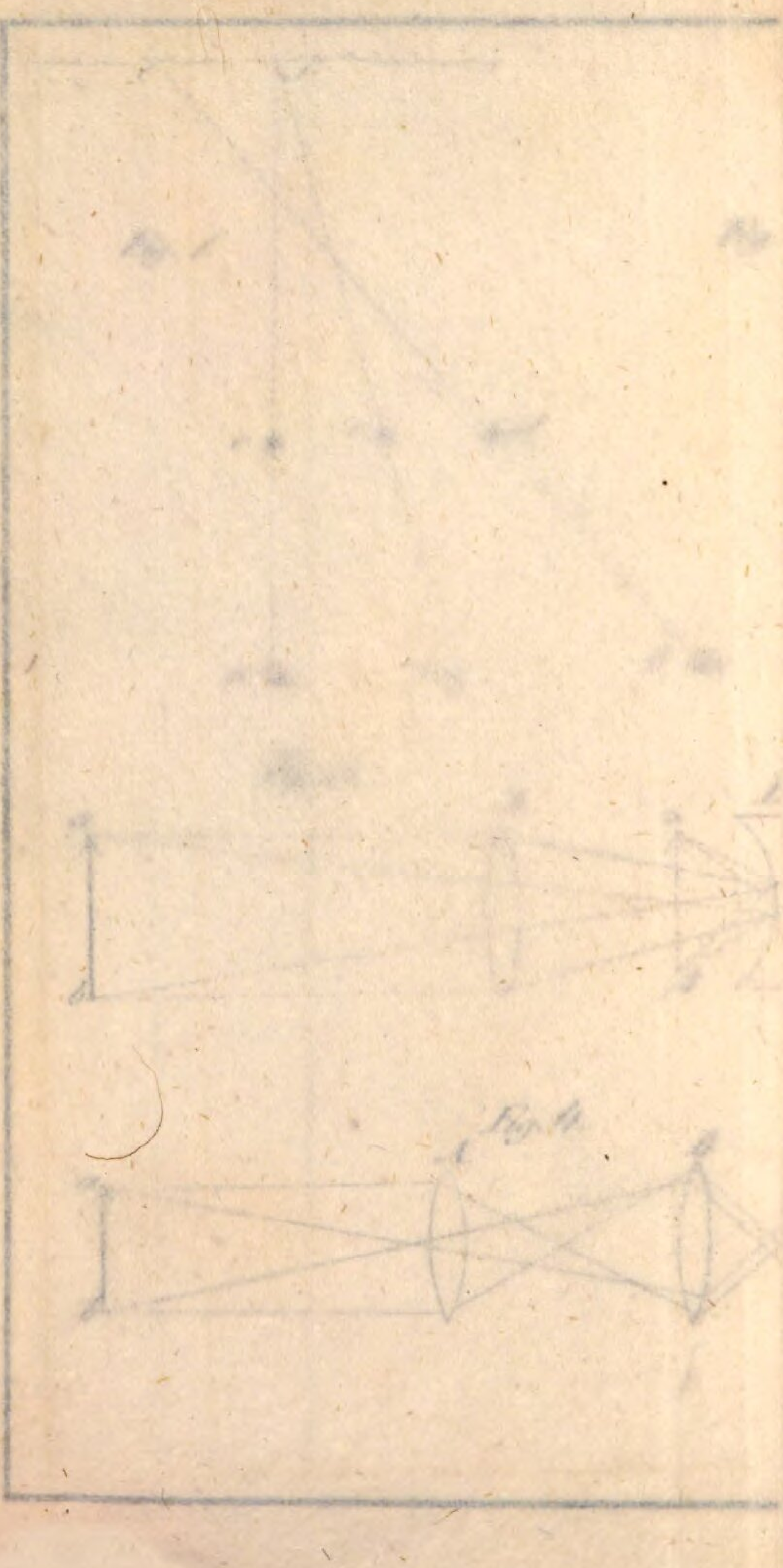


Fig. 4

Fig. 1.

Fig. 2.

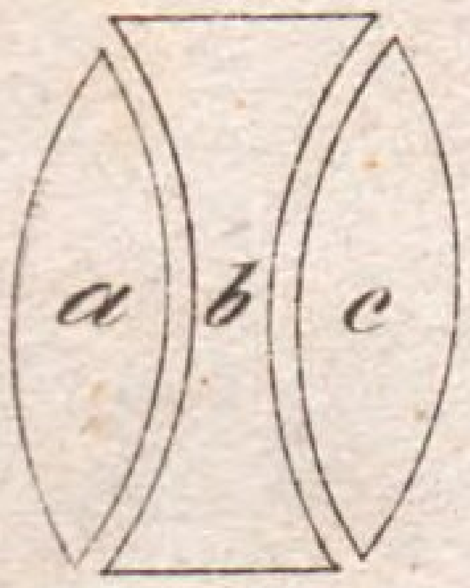


Fig. 3.

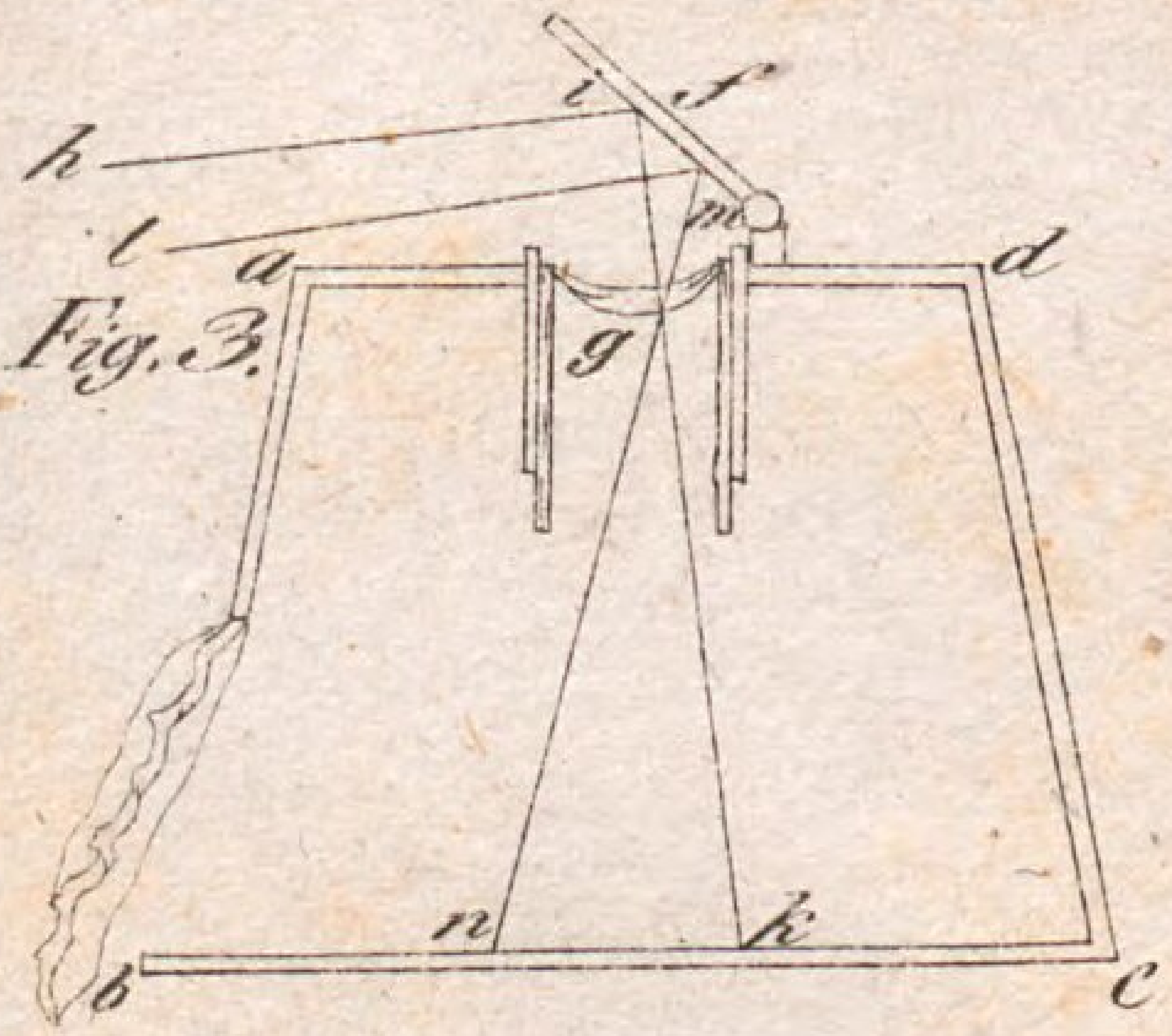


Fig. 4.

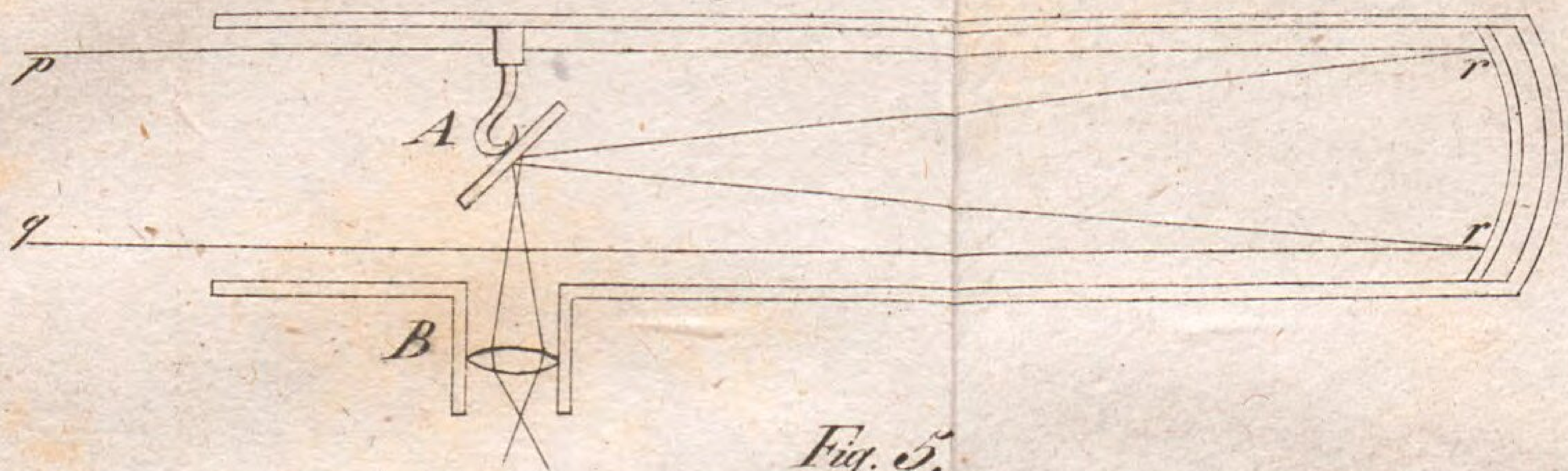
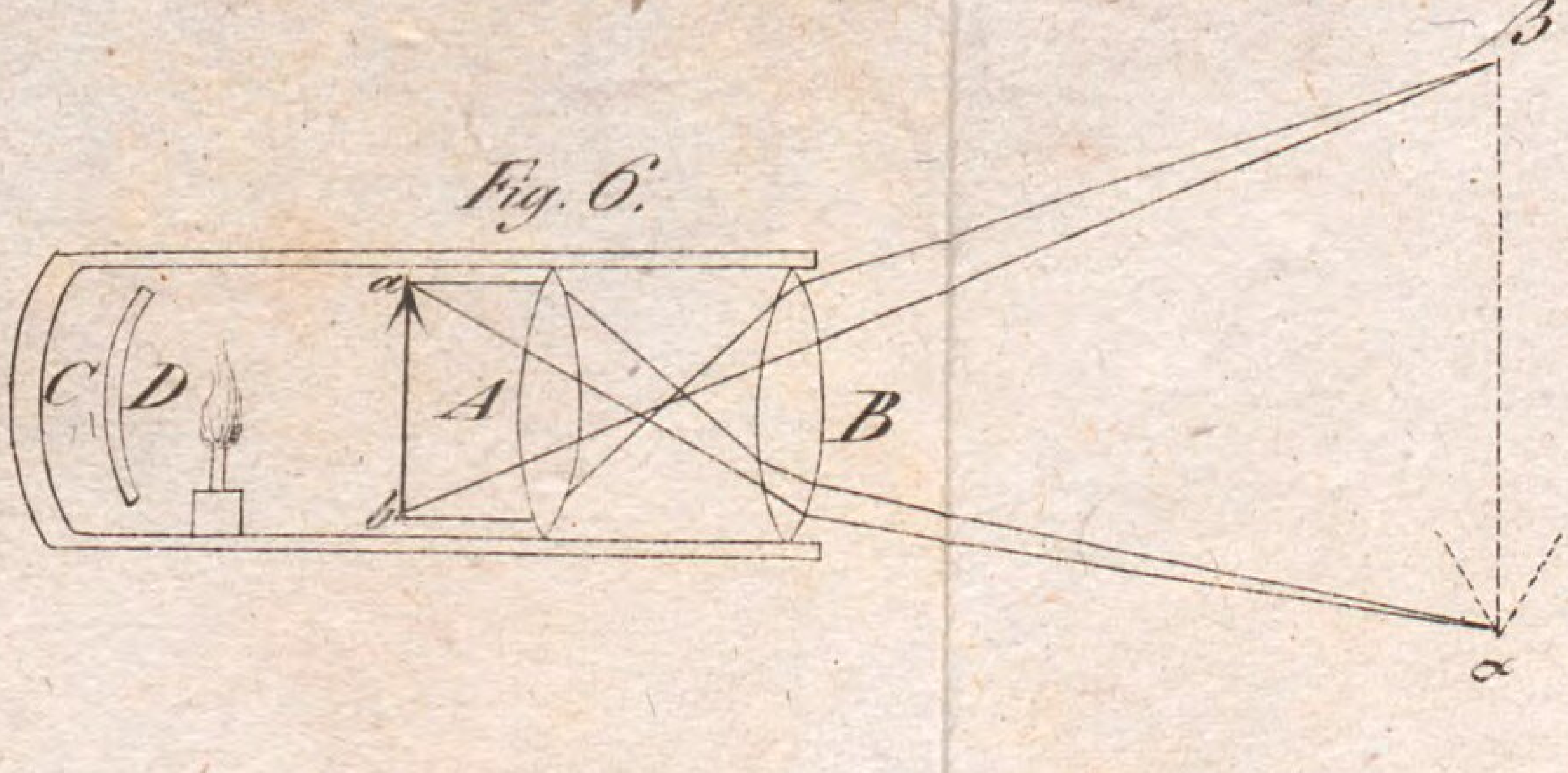


Fig. 5.

Fig. 6.



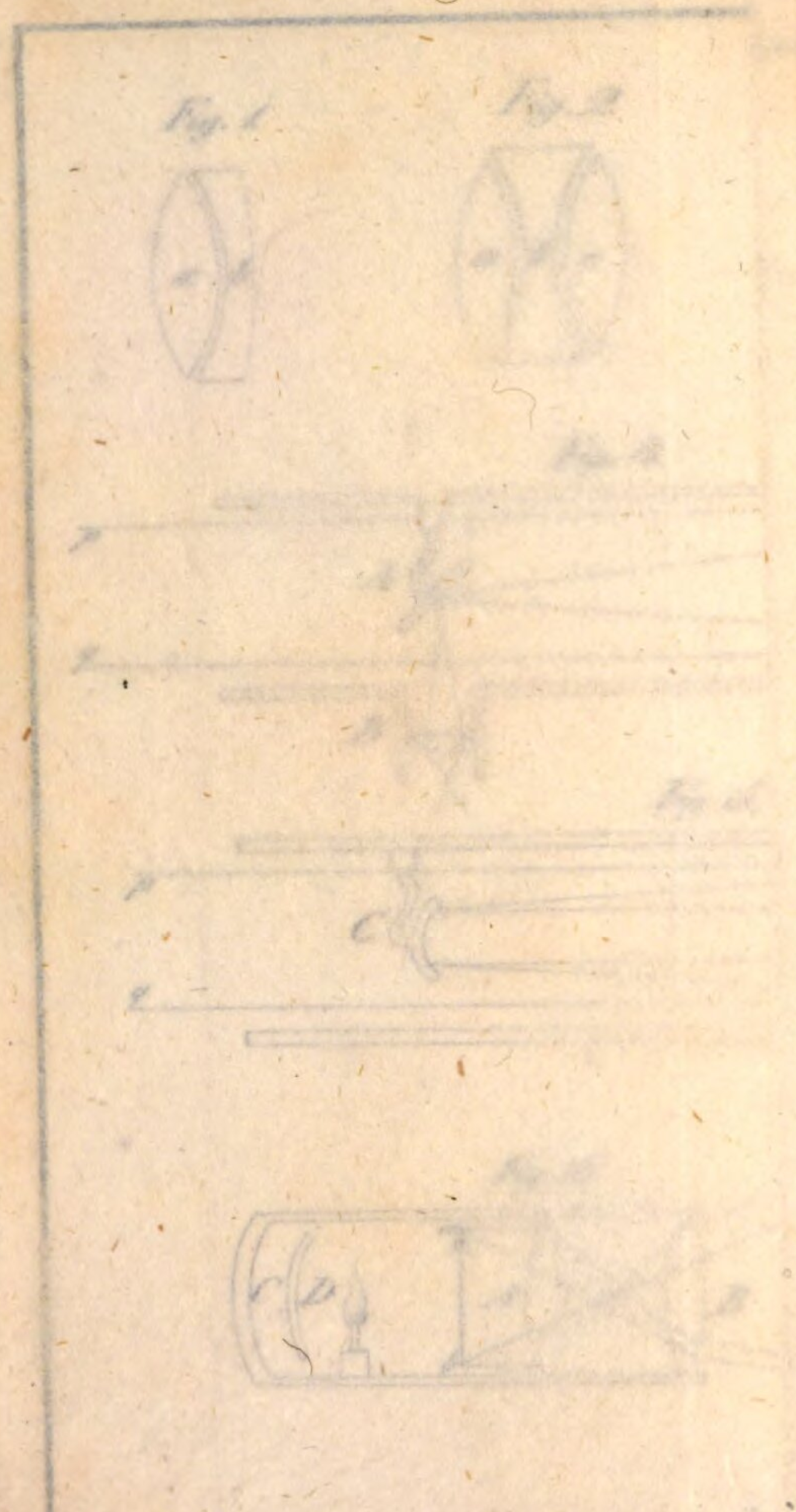


Fig. 1
Fig. 2

Fig. 1.

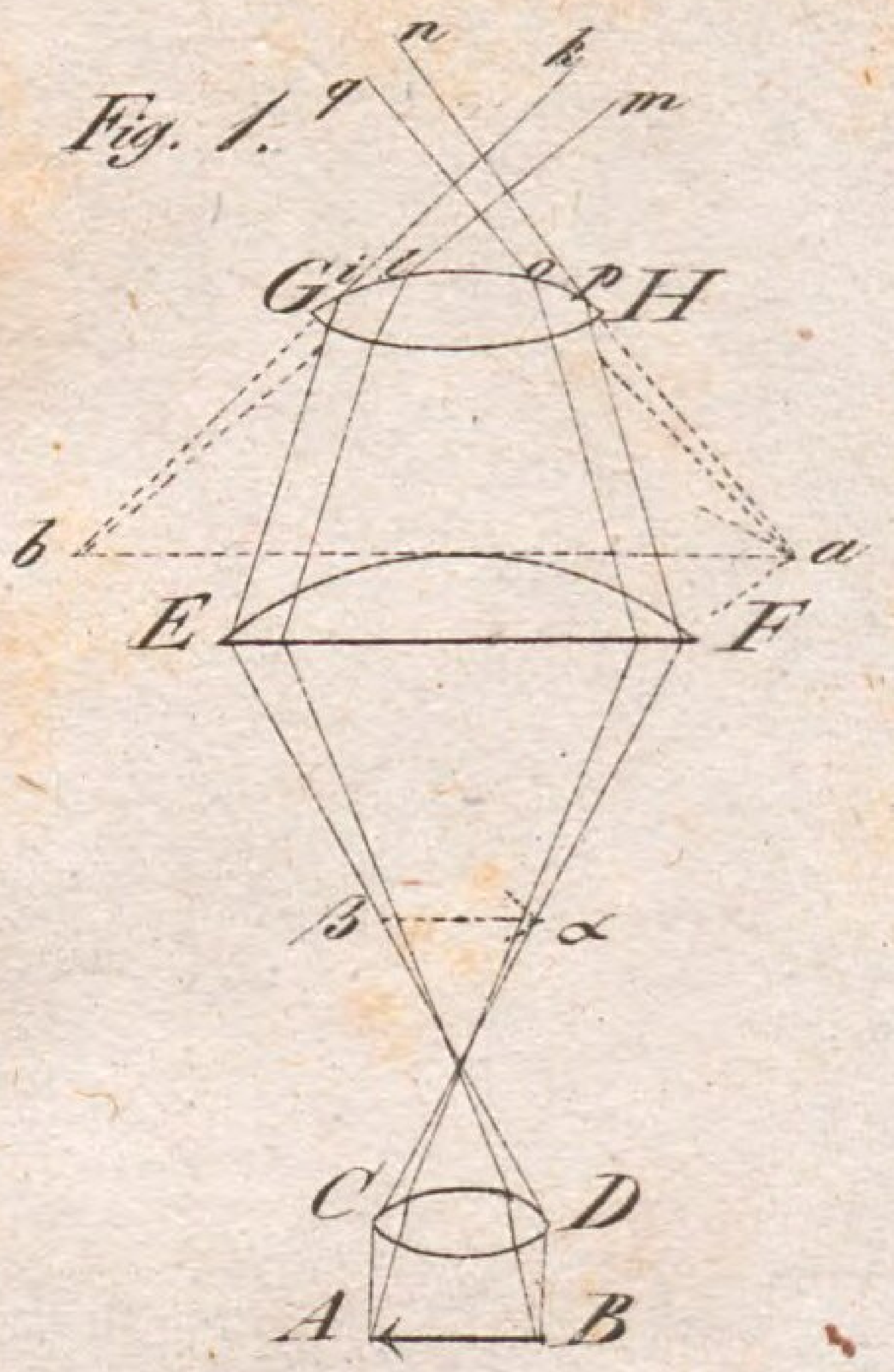


Fig. 2.

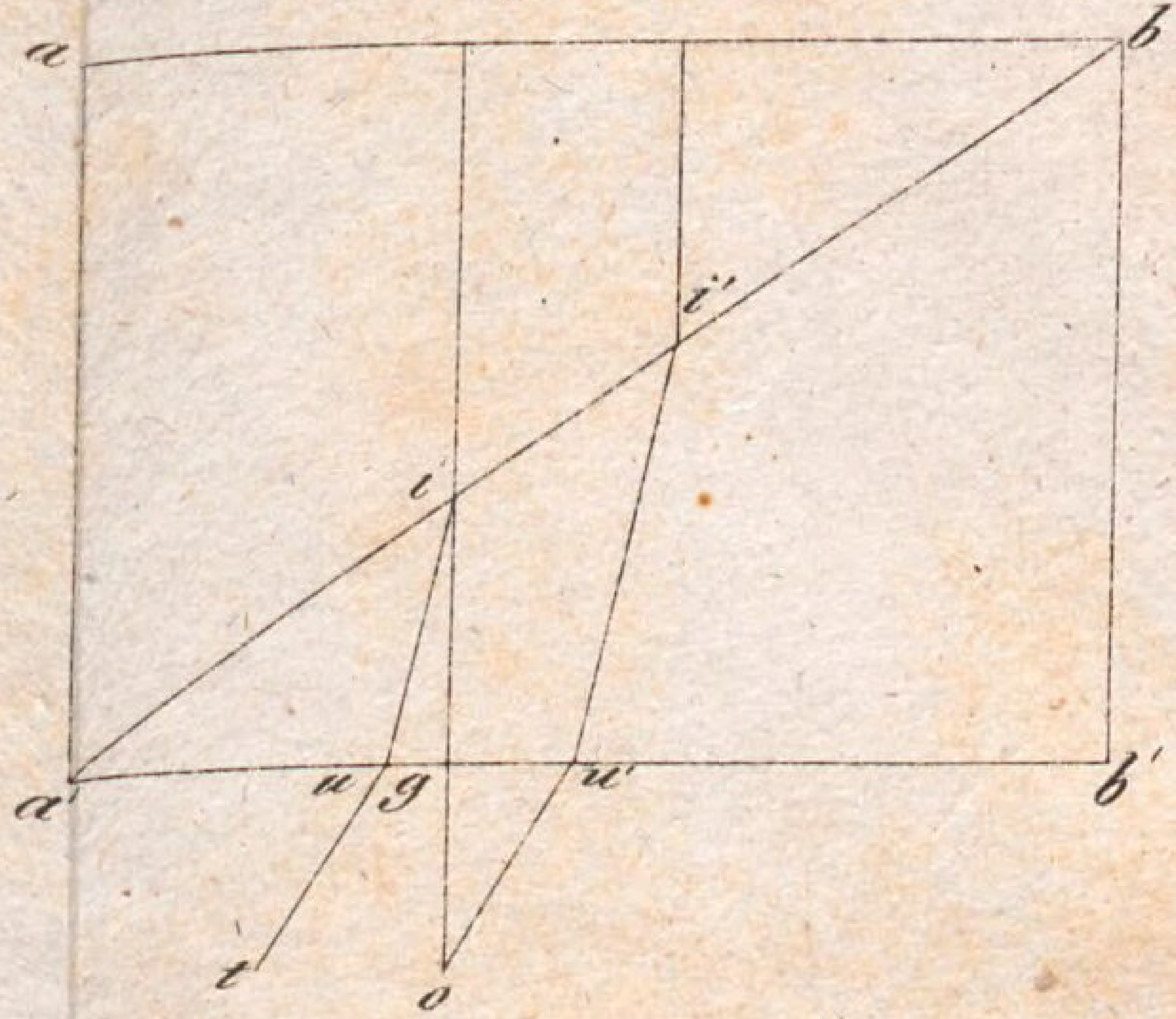


Fig. 3.

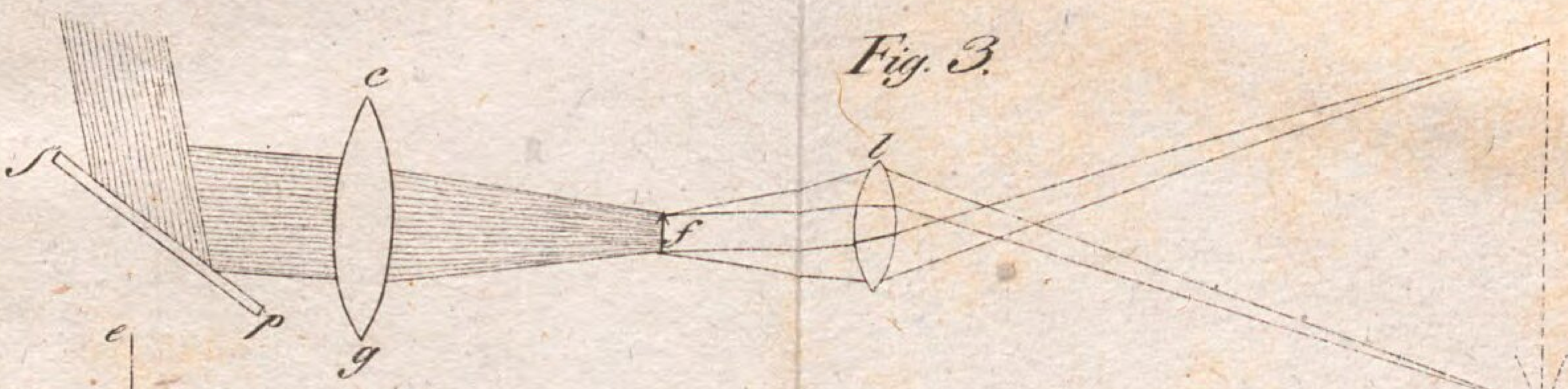


Fig. 4.

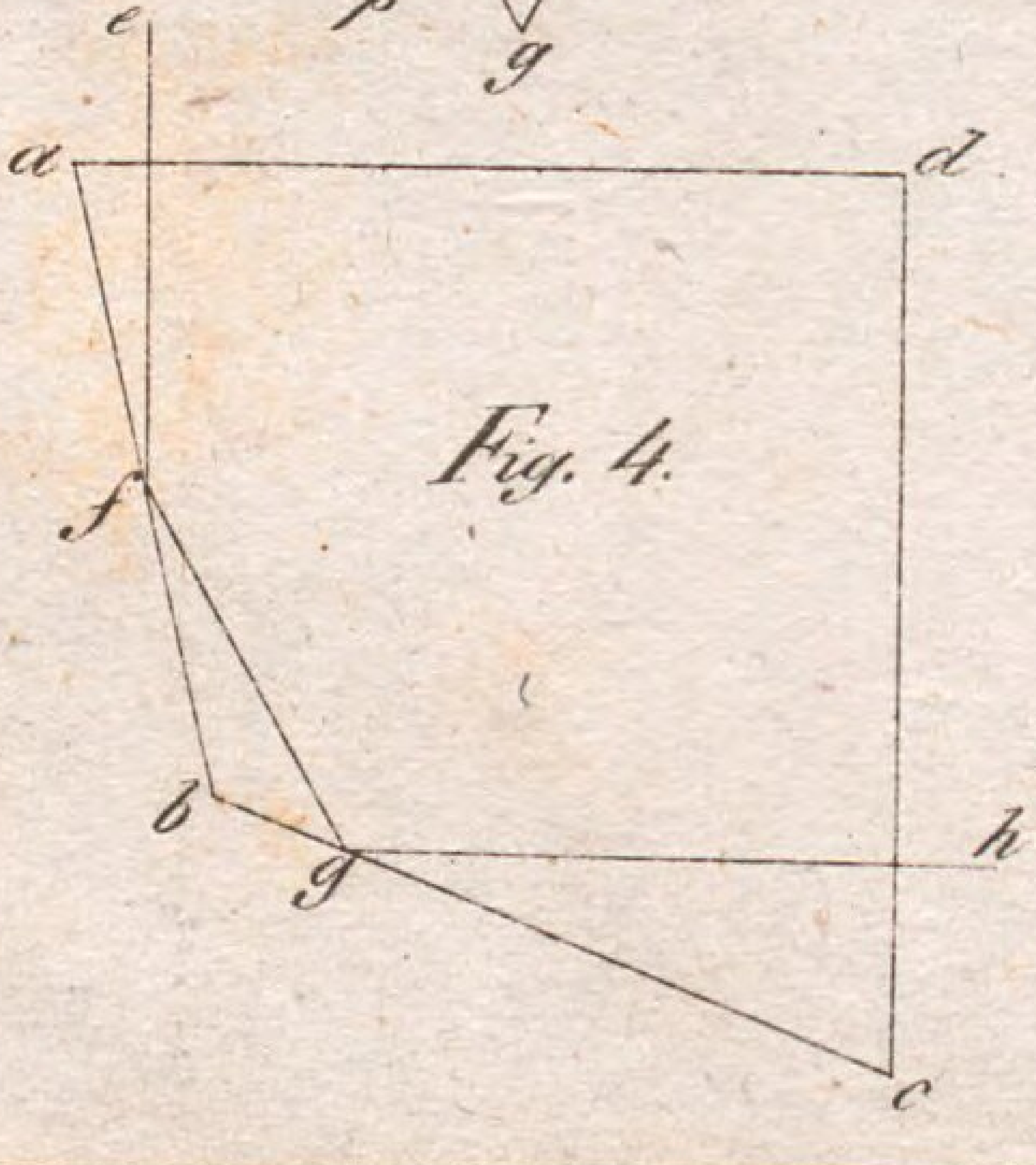
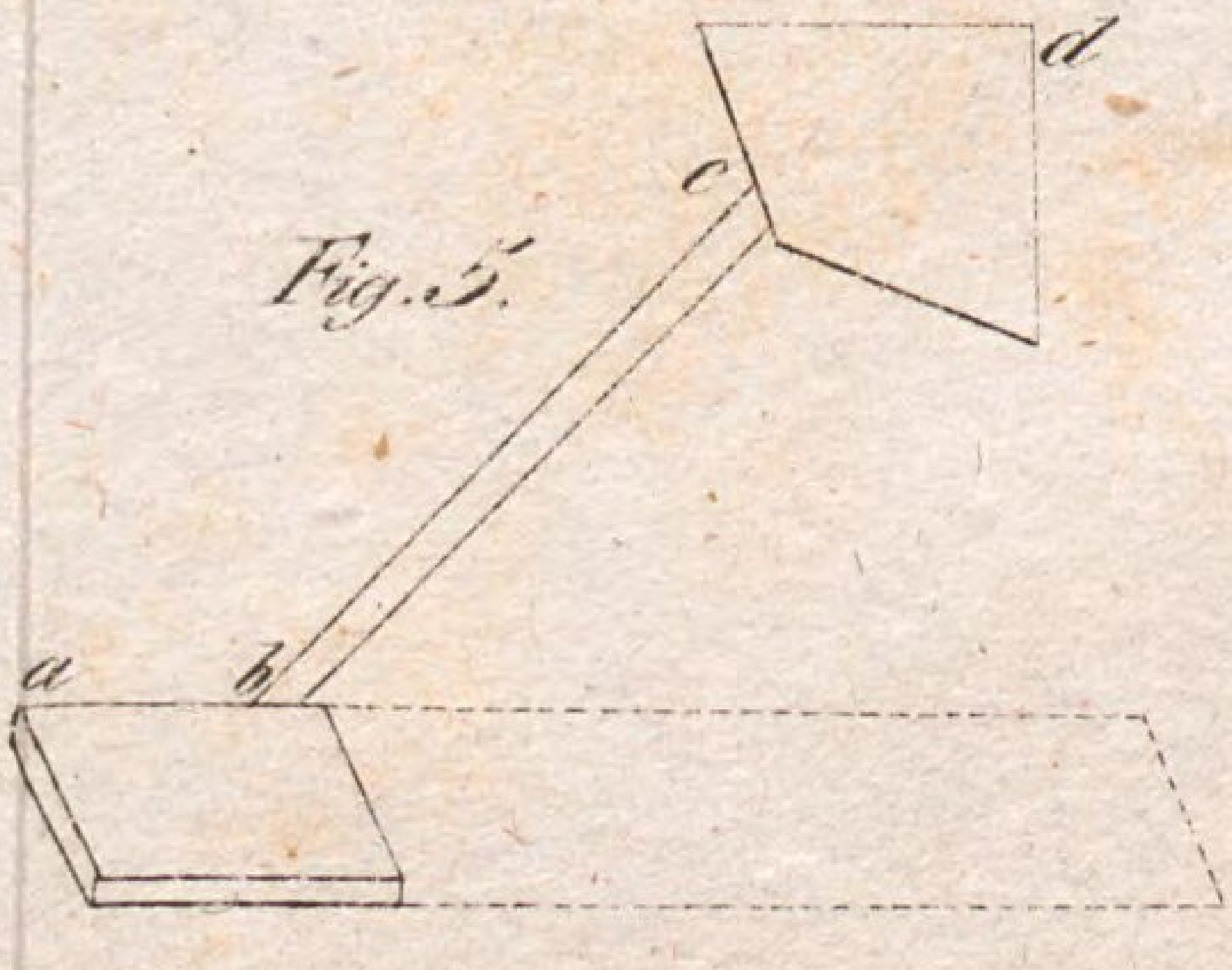


Fig. 5.



Poppe, Johann Heinrich Moritz <<von>>,

Die ganze Lehre vom Sehen mit allen dabei vorkommenden Erscheinungen, optischen Täuschungen und optischen Werkzeugen, sammt den nothwendigen Regeln und Vorschriften zu der besten Einrichtung, der gehörigen Auswahl und dem richtigen Gebrauch der verschiedenen optischen Instrumente ; für

Tübingen 1823

Math.a. 201 h
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10081049-7